

**PERBEDAAN PERTUMBUHAN CRUSTOSE CORALLINE ALGAE (CCA)
PADA SUBSTRAT KOLEKTOR DI PERAIRAN MALANG SELATAN**

SKRIPSI

Oleh:

**BERLANIA MAHARDIKA PUTRI
175080600111001**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN
KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

**PERBEDAAN PERTUMBUHAN CRUSTOSE CORALLINE ALGAE (CCA)
PADA SUBSTRAT KOLEKTOR DI PERAIRAN MALANG SELATAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

**BERLANIA MAHARDIKA PUTRI
175080600111001**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN
KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

SKRIPSI

**PERBEDAAN PERTUMBUHAN CRUSTOSE CORALLINE ALGAE (CCA) PADA
SUBSTRAT KOLEKTOR DI PERAIRAN MALANG SELATAN**

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 27 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Oleh:

BERLANIA MAHARDIKA PUTRI
NIM. 175080600111001

Dosen Pembimbing 1

(Oktiyas Muzaky Luthfi, ST, M.Sc)
NIP. 197910312008011007
Tanggal: 7/28/2021

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2

(M. Arif As'adi, S.Kel, M.Sc.)
NIP. 198211062008121002
Tanggal: 7/28/2021

Mengetahui:

Ketua Jurusan PSPK



(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT)
NIP. 197807172005021004
Tanggal : 7/29/2021

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Berlania Mahardika Putri

NIM : 1750806001111001

Judul Skripsi : Perbedaan Pertumbuhan Crustose Coralline Algae
(CCA) Pada Substrat Kolektor Di Perairan Malang
Selatan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah, tabel, gambar maupun ilustrasi lainnya yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi. Jika terdapat karya / pendapat / penelitian dari orang lain, maka saya telah mencantumkan sumber yang jelas dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Brawijaya, Malang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Malang, 10 Juli 2021

Berlania Mahardika Putri
NIM.175080600111001

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Perbedaan Pertumbuhan Crustose Coralline Algae (CCA)

Pada Substrat Kolektor Di Perairan Malang Selatan

Nama Mahasiswa : Berlania Mahardika Putri

NIM : 175080600111001

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing I : Oktiyas Muzaky Luthfi, ST., M.Sc.

Pembimbing II : M. Arif As'adi, S.Kel, M.Sc.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji I : Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D

Dosen Penguji II : Andik Isdianto, ST., M.T

Tanggal Ujian : Kamis, 15 Juli 2021



UCAPAN TERIMA KASIH

Selama kegiatan dan penulisan laporan skripsi ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi,
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Hadi Suyitno dan Ibu Ika Saraswati serta saudara saya, Maydias Pratama Putri yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan secara materiil kepada penulis,
3. Bapak Oktiya Muzaky Luthfi ST., M.Sc dan Bapak Arif As'adi S.Kel, M.Sc sebagai dosen pembimbing dari FPIK UB yang senantiasa memberi bimbingan dan masukan mulai dari penyusunan proposal hingga penulisan laporan skripsi,
4. Ibu Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D dan Bapak Andik Isdianto, ST., M.T sebagai dosen penguji dari FPIK UB yang membantu selama proses ujian skripsi dan memberikan revisi serta masukan untuk skripsi saya,
5. Seluruh teman-teman saya, Nufasha, Diana, Ece, Chika, Anwan, Tio, Putra, Adrian, Bunga, Wita, Lia, Iqbal, Nindya, Graziela, Afani dan Taufik atas segala bentuk bantuan dan dukungan kepada penulis.
6. Berlania Mahardika Putri selaku penulis sendiri karena telah berhasil menyelesaikan skripsi ini meskipun seringkali mendapat kesulitan, Penulis juga ingin berterimakasih kepada pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu karena turut membantu melancarkan pengerjaan laporan skripsi ini. Semoga seluruh pihak yang membantu penulis mendapat balasan dari Allah SWT.

RINGKASAN

Berlania Mahardika Putri. Skripsi tentang Perbedaan Pertumbuhan Crustose Coralline Algae (CCA) Pada Substrat Kolektor Di Perairan Malang Selatan (dibimbing oleh **Oktiyas Muzaky Luthfi, ST, M.Sc** dan **M. Arif As'adi, S.Kel, M.Sc.**)

Terumbu karang merupakan sebuah ekosistem kompleks dengan karang sebagai penyusun utama beserta biota lain yang hidup di dasar dan di kolom perairan. Ekosistem ini peran penting secara ekologi dan biologi yaitu sebagai penyedia tempat pemijahan, mencari makan, dan berlindung. Kekayaan terumbu karang Indonesia yang tinggi ternyata diikuti oleh ancaman secara alami maupun antropogenik. Meskipun demikian, ekosistem terumbu karang dapat pulih secara alami apabila karang mengalami proses rekrutmen yang berhasil. Keberhasilan rekrutmen ini salah satunya dipengaruhi oleh kondisi substrat yang sesuai bagi larva untuk melekat, salah satunya mengandung *Crustose Coralline Algae* (CCA), dimana diketahui memberikan sinyal kimia untuk membantu larva karang melakukan penempelan pada substrat. Banyak penelitian yang menjadikan CCA sebagai tolok ukur keberhasilan rekrutmen karang, namun masih belum ada informasi terkait keberhasilan rekrutmen pada perairan Malang Selatan. Maka dari itu penelitian ini dilakukan sebagai informasi terkait hubungan CCA dengan jumlah rekrutmen karang.

Penelitian dilakukan di Perairan Malang Selatan dengan 6 *site* pengambilan data yaitu perairan Waru-waru, Teluk Semut, Tiga Warna, Pantai Kondang Merak Barat, Kondang Merak Timur, serta Jembatan Panjang Tanjung Sirap (JPTS) selama 8 bulan mulai bulan Juli-Februari. Pengambilan data CCA dilakukan dengan meletakkan 30 blok substrat kolektor pada masing-masing *site* dan pengambilan data parameter oseanografi dilakukan sebagai data penunjang. Hasil rekrutmen CCA dan karang pada substrat kolektor kemudian dilakukan digitasi menggunakan *software* ImageJ yang menghasilkan output file berupa .csv dan .tiff yang nantinya akan dilakukan uji statistik.

Hasil penelitian menunjukkan secara keseluruhan dalam periode waktu, terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase tutupan CCA dan jumlah koloni pada jenis substrat kolektor yang berbeda, dimana pada substrat palimanan cenderung lebih tinggi dibanding marmo. Selain itu, perbedaan yang signifikan ditemukan pada faktor lokasi penelitian yang berbeda, dimana persentase dan jumlah koloni CCA tertinggi secara keseluruhan terdapat pada stasiun Waru-waru dan Tiga Warna serta terendah pada Teluk Semut, Kondang Merak Barat dan Kondang Merak Timur. Adapun hubungan antara persentase tutupan CCA dan jumlah rekrutmen karang berkorelasi lemah dan tidak terdapat hubungan yang signifikan. Koefisien korelasi menyatakan hasil yang positif, dimana tingginya persentase CCA diikuti dengan naiknya jumlah rekrutmen karang.

SUMMARY

Berlania Mahardika Putri. Thesis The Differences of Crustose Coralline Algae (CCA) Growth on Collector Substrates in South Malang Sea (guided by **Oktiyas Muzaky Luthfi, ST, M.Sc** dan **M. Arif As'adi, S.Kel, M.Sc.**)

Coral reefs are a complex ecosystem with corals as the main constituent along with other biota that live on the bottom and in the water column. This ecosystem plays an important ecological and biological role, as a provider of spawning, feeding, and sheltering ground. Indonesia's coral reef was followed by a high threat as well such as climate change and anthropogenic factors which are the main causes of coral reef degradation. However, coral reef ecosystems can recover naturally if corals undergo a successful recruitment process. The success of this recruitment is influenced by the conditions of the suitable substrate for larvae to attach, one of which contains Crustose Coralline Algae (CCA), which is known to provide chemical signals to help coral larvae attach to the substrate. Many studies use CCA as a measure of the success of coral recruitment, but there is still no information regarding the success of recruitment in South Malang sea. Therefore, this study was conducted as information related to the correlation between CCA and the number of coral recruitment.

The research was conducted in the sea of South Malang with 6 data collection sites, namely Waru-waru, Teluk Semut, Tiga Warna, Kondang Merak Barat Beach, Kondang Merak Timur, and Jembatan Panjang Tanjung Sirap (JPTS) for 8 months starting from July-February. CCA data collection was carried out by placing 30 blocks of substrate collectors at each site and oceanographic parameter data collection was carried out as supporting data. The results of CCA and coral recruitment on the collector substrate are then digitized using ImageJ software which produces output files in the form of .csv and .tiff which will later be tested statistically.

The results showed that overall in the time period, there were significant differences in the proportion of CCA cover and the number of colonies on different types of substrate collectors, where the palimanan tended to be higher than marmo. In addition, significant differences were found in different research location factors, the highest percentage and number of CCA colonies overall were at Waru-waru and Tiga Warna stations and the lowest were in Teluk Semut, Kondang Merak Barat and Kondang Merak Timur. The comparison between the percentage of CCA cover and the number of coral recruitment is weakly correlated and there is no significant relationship. The correlation coefficient is positive, where the percentage of CCA is followed by an increase in the number of coral recruitment.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul

"Perbedaan Pertumbuhan Crustose Coralline Algae (CCA) Pada Substrat Kolektor Di Perairan Malang Selatan" sebagai syarat meraih gelar sarjana (S1)

pada program studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan skripsi ini, oleh karena itu dibutuhkan bimbingan serta arahan dari berbagai pihak untuk menjadikan usulan skripsi lebih baik. Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, serta kedua orang tua yang senantiasa memberikan semangat dalam pengerjaan laporan ini. Semoga hasil dari kegiatan ini dapat menambah pengetahuan dan berguna bagi penulis kedepannya.

Malang, 10 Juli 2021

Berlania Mahardika Putri

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	i
-------------------------------	---

IDENTITAS TIM PENGUJI	ii
-----------------------------	----

UCAPAN TERIMA KASIH	iii
---------------------------	-----

RINGKASAN	iv
-----------------	----

SUMMARY	v
---------------	---

KATA PENGANTAR	vi
----------------------	----

DAFTAR ISI	vii
------------------	-----

DAFTAR TABEL	ix
--------------------	----

DAFTAR GAMBAR	x
---------------------	---

DAFTAR LAMPIRAN	xi
-----------------------	----

I. PENDAHULUAN	1
----------------------	---

1.1 Latar Belakang	1
--------------------------	---

1.2 Rumusan Masalah	4
---------------------------	---

1.3 Tujuan	5
------------------	---

1.4 Hipotesis	5
---------------------	---

1.5 Manfaat	6
-------------------	---

II. TINJAUAN PUSTAKA	7
----------------------------	---

2.1 <i>Crustose coralline algae</i> (CCA)	7
---	---

2.1.1 Pengertian <i>Crustose Coralline Algae</i> (CCA)	7
--	---

2.1.2 Ekologi CCA	8
-------------------------	---

2.1.3 Hubungan CCA dengan keberhasilan rekrutmen karang	8
---	---

2.2 Ekosistem Terumbu Karang	9
------------------------------------	---

2.2.1 Pengertian	9
------------------------	---

2.2.2 Reproduksi Karang	10
-------------------------------	----

2.2.3 Rekrutmen karang	12
------------------------------	----

III. METODE PENELITIAN	14
------------------------------	----

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	14
---------------------------------------	----

3.2 Alat dan Bahan	16
--------------------------	----

3.3 Alur Penelitian	17
---------------------------	----

3.4 Penentuan Stasiun Penelitian	18
--	----

3.5 Peletakkan dan pelepasan substrat kolektor	19
--	----

3.6 Pasca pengambilan substrat kolektor	20
---	----

3.7	Pengolahan Data CCA dan Rekrutmen Karang	21
3.7.1	Pengolahan Data CCA	22
3.7.2	Pengolahan Data Rekrutmen Karang	25
3.8	Identifikasi Bentuk Pertumbuhan CCA	25
3.9	Kondisi Fisika-Kimia Oseanografi	28
3.10	Analisis Data	30
3.10.1	Persentaseutupan CCA pada Substrat Kolektor	30
3.10.2	Pengolahan Data Statistik	31
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Hasil	32
4.1.1	Kondisi Umum Lokasi Penelitian	32
4.1.2	Bentuk Pertumbuhan CCA	35
4.1.3	Perbandingan Persentase Tutupan CCA	37
4.1.4	Perbandingan Jumlah Koloni CCA	40
4.1.5	Hubungan CCA Terhadap Jumlah Rekrutmen Karang	47
4.1.6	Pengukuran Kondisi-Fisika Kimia Oseanografi	49
4.2	Pembahasan	50
4.2.1	Bentuk Pertumbuhan CCA	50
4.2.2	Kondisi Fisika-Kimia Oseanografi	52
4.2.3	Perbandingan Persentase Tutupan CCA	53
4.2.4	Perbandingan Jumlah Koloni CCA	55
4.2.5	Hubungan Persentase Tutupan CCA Dengan Jumlah Karang Rekrut	56
V.	PENUTUP	58
6.1	Kesimpulan	58
6.2	Saran	59
	DAFTAR PUSTAKA	60
	LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Timeline pelaksanaan penelitian.....	15
2.	Alat yang digunakan dalam penelitian.	16
3.	Bahan yang digunakan dalam penelitian.	17
4.	Bentuk pertumbuhan alga koralin <i>non-geniculate</i>	26
5.	Tingkat hubungan korelasi (Arthana <i>et al.</i> , 2020).....	31
6.	Jumlah koloni CCA pada <i>short-time immersion tiles</i>	41
7.	Jumlah koloni CCA pada <i>long-time immersion tiles</i>	45
8.	Tabelutupan CCA dan jumlah karang rekrut yang menempel.....	48
9.	Pengukuran Kondisi-Fisika Kimia Oseanografi 3 bulan.....	49
10.	Pengukuran Kondisi-Fisika Kimia Oseanografi 6 bulan.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi CCA.....	7
2. Morfologi Karang.....	10
3. Fase Rekrutmen Karang.....	12
4. Lokasi Peletakkan Substrat Kolektor.....	14
5. Alur penelitian.....	18
6. Peletakkan substrat kolektor.....	20
7. Substrat kolektor ukuran 10 x 10 cm.....	21
8. Membuka <i>software</i> ImageJ.....	22
9. Memilih dokumen.....	22
10. Menarik garis tepi.....	23
11. Mengatur ukuran file.....	23
12. Melakukan perhitungan luasan CCA.....	24
13. Menyimpan file pada kotak dialog <i>Result</i>	24
14. Menyimpan file dalam format .tif.....	24
15. Garis putih menandai area CCA pada substrat kolektor.....	25
16. Bentuk pertumbuhan alga koralin <i>non-geniculate</i>	28
17. Ilustrasi tutupan CCA pada substrat kolektor.....	30
18. Lokasi penelitian di perairan Malang Selatan.....	34
19. Beberapa contoh bentuk pertumbuhan <i>encrusting</i> yang ditemukan pada stasiun penelitian.....	36
20. Beberapa contoh bentuk pertumbuhan <i>encrusting to layered</i> yang ditemukan pada stasiun penelitian.....	36
21. Beberapa contoh bentuk pertumbuhan <i>encrusting to lumpy</i> yang ditemukan pada stasiun penelitian.....	37
22. Persentase tutupan CCA pada semua stasiun selama 3 bulan.....	38
23. Persentase tutupan CCA pada semua stasiun selama 6 bulan berdasarkan luasan area tentatif.....	40
24. Jumlah koloni CCA yang menempel pada seluruh substrat kolektor selama periode 3 bulan.....	40
25. Jumlah koloni CCA yang melekat pada substrat kolektor selama 3 bulan peletakkan.....	43
26. Jumlah koloni CCA yang menempel pada seluruh substrat kolektor selama periode 6 bulan.....	44
27. Jumlah koloni CCA pada substrat kolektor selama 6 bulan peletakkan.....	46
28. Hasil rekrutmen karang pada lokasi penelitian yang berbeda.....	47
29. Perhitungan korelasi menggunakan SPSS.....	48
30. Pengambilan data lapangan.....	66
31. Pengukuran kondisi perairan.....	67
32. Bentuk pertumbuhan yang ditemukan selama penelitian.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

1.	Proses pengambilan data CCA.....	66
2.	Pengambilan data parameter oseanografi.....	67
3.	Bentuk Pertumbuhan CCA yang ditemukan selama penelitian.....	68
4.	Perbandingan Persentase Tutupan CCA.....	69
5.	Perbandingan Jumlah Koloni CCA.....	72



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebaran karang di perairan Jawa Timur sangat beragam, dimulai dari bagian utara terdapat perairan Situbondo, terutama pada *site* Karang Mayit didominasi oleh jenis karang meja dan karang submasif dengan tutupan sebesar 22%, sedangkan pada *site* Watu Lawang didominasi oleh jenis karang meja dengan tutupan sebesar 31% (Hapsari *et al.*, 2017). Pada perairan Binor, Probolinggo, persentase tutupan karang hidup pada kedalaman 3 dan 10 meter berada dalam kondisi baik yaitu sebesar 58% dan 63%. Jenis karang yang ditemukan adalah karang bercabang, karang massif, karang daun serta karang jamur (Wiyanto, 2016). Pada bagian barat di Kabupaten Sumenep, tutupan karang pada perairan Mamburit dan Sapapan termasuk dalam kategori sedang dan didominasi karang massif, karang bercabang, dan karang *digitate* (Sawiya & Muqsith, 2015). Perairan Selat Madura, memiliki luasan substrat terumbu karang seluas 10,478.032 Ha berdasarkan citra satelit dan secara umum kondisinya berada dalam kondisi sedang hingga rusak. Namun, tingkat kerusakan terumbu karang di Jawa Timur mencapai angka 60%. Sekitar 50% dari terumbu karang tersebut berada pada tingkat keterancaman yang tinggi hingga sangat tinggi dan 12% diantaranya berada pada tingkat ancaman yang rendah (Hidayah & Nuzula, 2019). Wilayah Malang Selatan merupakan salah satu perairan di Jawa Timur yang memiliki banyak *site* dengan kondisi terumbu karang yang berbeda-beda.

Karang pada perairan Malang Selatan berkembang pada daerah rata-rata terumbu (*reef flat*), dimana pada daerah ini umumnya didominasi oleh karang masif, karang merayap (*encrusting*), dan karang bercabang (*branching*) (Luthfi, 2017). Dimulai dari Selat Sempu dengan luasan terumbu karang sebesar 10 Ha

yang tersebar pada stasiun Segara Anakan, Teluk Semut dan Waru-war, dengan kondisi terumbu karang rusak-sedang. Pada stasiun Waru-war, karang hidup yang mendominasi adalah karang masif yang terdiri atas *Faviid* dan *Galaxea* sebesar 33%, sedangkan persentase karang hidup pada stasiun Teluk Semut cukup tinggi yaitu sebesar 50%, didominasi oleh *Pocilloporiid* dan *Poritiid* (Oktyas Muzaky Luthfi *et al.*, 2014). Perairan Pantai Kondang Merak memiliki tutupan karang dalam kategori sedang, yaitu sebesar 27,29%. Bentuk pertumbuhan karang yang ditemui di wilayah rataan terumbu karang Pantai Kondang Merak berupa karang bercabang (CB), karang masif (CM), *Acropora* berbentuk meja/ tabular (ACT) dan karang daun (CF) (Luthfi, 2016).

Sebaran karang tidak merata disebabkan faktor pembatas yaitu: (1) Suhu yang optimal berkisar 27-29°C, dimana temperatur maksimum dimana terumbu karang masih hidup adalah 36 °C, dan temperatur terendah adalah 15 °C, namun perkembangan, metabolisme, dan kalsifikasinya terganggu (Giyanto *et al.*, 2017; Salim *et al.*, 2017); (2) Penetrasi cahaya yang optimal untuk fotosintesis; (3) Salinitas yang ideal berkisar antara 30-36 ppm, dimana salinitas yang rendah mempengaruhi daya tahan karang terhadap suhu tinggi (Giyanto *et al.*, 2017; Wibawa & Luthfi, 2017); (4) Sedimentasi berlebih dapat mengubah struktur komunitas karang secara fisik maupun biologis (Dedi *et al.*, 2016); serta (5) Kualitas perairan yang tidak tercemar (Giyanto *et al.*, 2017). Adapun faktor ekologi pembatas pada terumbu karang seperti persaingan, predasi dan *grazing* (Tuhumena *et al.*, 2013). Adanya biota asosiasi dan predasi mempengaruhi persebaran karang, beberapa biota yang diketahui berkorelasi negatif dengan karang adalah *drupella*, bintang laut berduri (*Crown of thorns fish*), dan ikan pemangsa karang. Gastropoda diketahui dapat menyebabkan kerusakan karang secara massif, salah satunya adalah jenis *Drupella* sp., dimana dapat memberikan dampak serius serupa dengan predasi bintang laut berduri

Acanthaster planci, yaitu pemangsa karang paling berbahaya bila terjadi peledakkan populasi (Budiyono, W dan Candra, 2013; Kanella *et al.*, 2018).

Beberapa ikan merupakan pemakan karang atau *corallivore*, diantaranya ikan kepe-kepe atau Chaetodon. Beberapa spesies ikan ini bersifat *corallivore* obligat yaitu menjadikan polip karang sebagai sumber nutrisi utama makannya (Yanuar & Aunurohim, 2015). Selain itu, salah satu faktor yang mempengaruhi persebaran karang di perairan adalah keberhasilan rekrutmen.

Rekrutmen karang berkaitan dengan keberhasilan penempelan larva hingga terbentuk skeleton pada substrat, serta mampu bertahan sampai jangka waktu tertentu, dimana hal ini menjadi proses penting dalam penyusunan komponen terumbu karang (Abrar, 2015; Munasik *et al.*, 2014). Keberhasilan rekrutmen secara alami dapat memulihkan ekosistem terumbu karang yang rusak (Abrar, 2015). Reproduksi merupakan cara yang alami untuk mempertahankan keberadaan karang di perairan (Elmer, 2017). Rekrutmen karang merupakan salah satu hal yang dapat dijadikan sebagai tolok ukur keberhasilan reproduksi karang (Richmond & Hunter, 1990). Salah satu faktor keberhasilan rekrutmen karang berkaitan dengan keberadaan substrat yang mendukung, yaitu adanya bahan biokimia di permukaan substrat seperti *biofilm algae*, diatom dan atau bakteri (Rahman & Haris, 2014). Biofilm dan *crustose coralline algae* (CCA) lebih disukai sebagai substrat penempelan oleh larva karang (Elmer, 2017). CCA merupakan salah satu golongan alga merah yang dicirikan dengan jaringan keras karena mengandung kalsium karbonat, biasanya paling banyak dijumpai berwarna merah muda, namun beberapa spesies memiliki variasi warna ungu, biru, hijau keabu-abuan atau coklat (Littler & Littler, 2013). CCA diketahui memainkan peran penting sebagai pemicu penempelan dan metamorfosis planula karang karena dapat menghasilkan sinyal kimia (*chemical cues*) yang dapat ditangkap oleh planula sebagai petunjuk untuk

melakukan penempelan pada substrat (Heyward & Negri, 1999; Pilly & Wijayanti, 2013).

Banyak penelitian yang menjadikan CCA sebagai salah satu tolok ukur keberhasilan rekrutmen karang (Elmer, 2017; Gómez-Lemos *et al.*, 2018; Littler & Littler, 2012; Pilly & Wijayanti, 2013), namun masih belum ada informasi terkait keberhasilan rekrutmen pada perairan Malang Selatan. Pada beberapa spesies

CCA yang tumbuh dan melapisi substrat, diketahui dapat meningkatkan keberhasilan larva planula karang dalam melakukan penempelan. Maka dari itu

salah satu tujuan penelitian ini dilakukan sebagai informasi terkait hubungan

CCA dan jumlah rekrutmen karang di Malang Selatan. Penelitian ini

menggunakan dua bahan substrat kolektor yang berbeda sebagai perbandingan

(marmo dan palimanan) yang berfungsi sebagai media pertumbuhan CCA dan

karang rekrut. Substrat marmo terbuat dari CaCO_3 dan memiliki preferensi

permukaan halus, sedangkan substrat palimanan terbuat dari SiO_2 dan memiliki

preferensi permukaan substrat yang kasar dan bertekstur. Penggunaan substrat

kolektor banyak digunakan oleh studi ekologi sebagai cara yang efektif dan

seederhana dalam mengamati pertumbuhan serta perekrutan komunitas benthik

(Kennedy *et al.*, 2017). Substrat kolektor diletakkan secara horizontal pada dasar

perairan di setiap stasiun penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengerjaan usulan skripsi :

1. Bagaimanakah perbandingan tutupan dan jumlah CCA pada jenis substrat kolektor yang berbeda?
2. Bagaimanakah persentase perbandingan tutupan dan jumlah CCA pada lokasi penelitian yang berbeda?

3. Bagaimanakah hubungan persentase tutupan CCA terhadap jumlah rekrutmen karang?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam pengerjaan skripsi ini adalah untuk mengetahui :

1. Perbedaan tutupan dan jumlah CCA pada jenis substrat kolektor yang berbeda.
2. Perbedaan tutupan dan jumlah CCA pada lokasi penelitian yang berbeda.
3. Adanya hubungan antara persentase tutupan CCA dengan jumlah rekrutmen karang.

1.4 Hipotesis

1. Adapun hipotesis untuk perbandingan persentase tutupan dan jumlah koloni CCA pada substrat kolektor yang berbeda antara lain:

H0: Tidak ada perbedaan signifikan persentase tutupan dan jumlah CCA pada 2 jenis substrat kolektor yang berbeda.

H1: Terdapat perbedaan signifikan persentase tutupan dan jumlah CCA pada 2 jenis substrat kolektor yang berbeda.

2. Adapun hipotesis untuk perbandingan persentase tutupan dan jumlah koloni CCA pada lokasi penelitian yang berbeda antara lain:

H0: Tidak ada perbedaan signifikan persentase tutupan dan jumlah CCA pada 6 lokasi penelitian yang berbeda.

H1: Terdapat perbedaan signifikan persentase tutupan dan jumlah CCA pada 6 lokasi penelitian yang berbeda.

3. Adapun hipotesis hubungan antara tutupan CCA terhadap jumlah karang rekrut antara lain:

H0: Tidak ada hubungan yang signifikan tutupan CCA terhadap jumlah rekrutmen karang pada substrat kolektor.

H1: Terdapat hubungan yang signifikan tutupan CCA terhadap jumlah rekrutmen karang pada substrat kolektor.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang akan didapat dari usulan skripsi ini antara lain adalah:

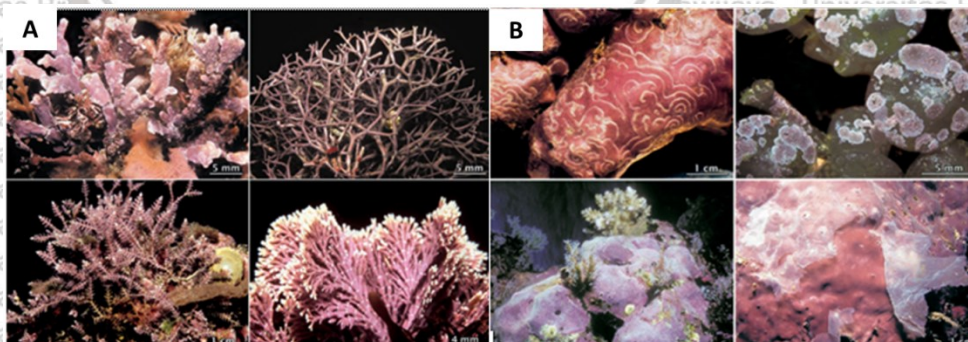
1. Mengetahui perbedaan tutupan dan jumlah CCA pada jenis substrat kolektor yang berbeda.
2. Mengetahui perbedaan tutupan dan jumlah CCA pada lokasi penelitian yang berbeda.
3. Mengetahui hubungan antara persentase tutupan CCA dengan jumlah rekrutmen karang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Crustose coralline algae* (CCA)

2.1.1 Pengertian *Crustose Coralline Algae* (CCA)

Crustose coralline algae (CCA) merupakan golongan alga merah (Rhodophyta), dicirikan dengan jaringan keras karena endapan kalsium karbonat yang terkandung dalam dinding sel. Alga ini biasanya berwarna merah atau merah muda, namun beberapa spesies memiliki variasi warna ungu, biru, hijau keabu-abuan atau coklat (Littler & Littler, 2012). Secara morfologi, alga koralin (Gambar 1) terbagi atas 2 macam, yaitu: alga koralin bersegmen (*articulated/geniculated Coralline Algae*) dan alga koralin tidak bersegmen (*non-articulated/ nongeniculated Coralline Algae*) (Tampanguma *et al.*, 2017), CCA tergolong ke dalam alga koralin tidak bersegmen (*non-geniculate coralline algae*). Karakteristik morfologi CCA menunjukkan adaptasi terhadap banyak faktor lingkungan dan biologis, seperti paparan gelombang, intensitas cahaya, pengendapan sedimen, dan kompetisi, salah satunya terkait dengan intensitas pemangsaan yang tinggi dari herbivora (Bôas *et al.*, 2005; McCoy & Kamenos, 2015).



Sumber: (Littler & Littler, 2012)

Gambar 1. Morfologi CCA. (A). Alga koralin bersegmen (*articulated/geniculated Coralline Algae*). (B) Alga koralin tidak bersegmen (*non-articulated/nongeniculated Coralline Algae*).

2.1.2 Ekologi CCA

Ekologi dari alga koralin sendiri sangatlah kompleks dimana laju pertumbuhannya dipengaruhi oleh suhu perairan, intensitas cahaya, intensitas pemangsaan dari herbivora, serta keberadaan makro dan turf alga (Bôas *et al.*, 2005; Pilly & Wijayanti, 2013). Alga koralin non-genikulat seperti CCA dapat ditemukan menempel yang tumbuh di berbagai substrat, termasuk bebatuan (epilitik), alga coklat, hijau, serta merah termasuk alga coralline lainnya (epifit), lamun (epifit), hewan seperti spons, kima, atau moluska (epizoic), kaca, plastik, logam (epigenous) (Harvey, 2005). CCA yang menempel pada jenis substrat yang berbeda, biasanya memiliki bentuk pertumbuhan yang berbeda pula.

CCA menyumbang peran penting dalam ekologi yaitu sebagai *reef-builder*, berkontribusi secara signifikan dalam penambahan kalsium karbonat selama kalsifikasi dan fotosintesis (Quere, 2015). CCA juga berperan dalam jaring makanan bulu babi, *parrotfish*, *surgeonfish*, limpet, dan chiton (Littler & Littler, 2012). Secara biologi CCA diketahui memainkan peran penting sebagai pemicu penempelan dan metamorfosis planula karang karena menghasilkan sinyal kimia (*chemical cues*) yang dapat ditangkap oleh planula sebagai petunjuk untuk memulai pelekatan pada substrat (Heyward & Negri, 1999; Pilly & Wijayanti, 2013).

2.1.3 Hubungan CCA dengan keberhasilan rekrutmen karang

Interaksi antara larva karang dan CCA dapat dimediasi oleh mekanisme yang berasal dari mekanisme yang terkait dengan komunitas mikroba (termasuk bakteri) yang hidup pada permukaan CCA. Selain sinyal kimia, faktor intrinsik lain dari CCA yang belum diketahui seperti jenis mineralogi kerangka, pigmen fotosintetik, dan/ atau perubahan oksigen dan pH akibat metabolisme CCA, diduga juga dapat mempengaruhi perilaku penempelan larva karang. Meskipun

demikian, tidak semua spesies CCA disukai larva karang untuk melakukan penempelan (Gómez-Lemos *et al.*, 2018). CCA juga memberikan ruang atau mikrohabitat bagi larva karang yang sesuai dengan kebutuhan proses metamorfosis terutama ketika pengendapan dan penempelan larva (Rahman *et al.*, 2014).

Pada sebuah studi laboratorium diketahui bahwa, *Sulfated glikosaminoglikan* yang terkait dengan bagian dinding sel yang tidak dapat larut dari CCA *Hydrolithon boergesenii* berperan dalam pelekatan dan metamorfosis larva dari *Agaricia tenuifolia*, *A. humilis*, dan *A. agaricites*. Selain itu, diketahui turunan *bromotyrosine (11-deoxyfistularin-3)* hasil ekstraksi dari CCA yang dikombinasikan dengan karotenoid dapat meningkatkan proses metamorfosis pada larva karang (Gleason & Hofmann, 2011). Pada studi lainnya, diketahui alga koralin jenis *Lithophyllum* dengan konsentrasi 100%, terbukti mengalami proses pelekatan planula karang yang lebih cepat dibandingkan CCA dengan konsentrasi lebih rendah (Pilly & Wijayanti, 2013).

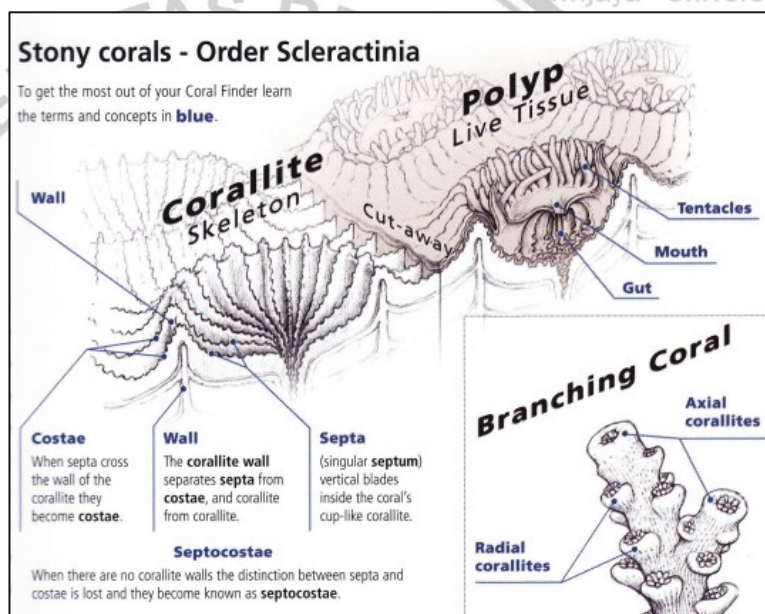
2.2 Ekosistem Terumbu Karang

2.2.1 Pengertian

Terumbu karang merupakan sebuah ekosistem kompleks dengan karang sebagai penyusun utama beserta biota lain yang hidup di dasar dan di kolom perairan (Hadi *et al.*, 2018). Ekosistem ini yang sangat peka dan sensitif terhadap perubahan lingkungan, beberapa diantaranya disebabkan oleh kegiatan eksploitasi berlebihan, kegiatan antropogenik, sedimentasi dan perubahan iklim (Arini, 2013; Barus *et al.*, 2018). Respon terumbu karang terhadap perubahan dan tekanan lingkungan adalah bertahan, beradaptasi, atau pulih setelah mengalami kerusakan sampai mampu membentuk komunitas yang stabil (Abrar, 2015). Pemulihan terumbu karang bergantung pada beberapa faktor seperti

keberhasilan reproduksi, keberhasilan rekrutmen, dan kelulushidupan juvenil karang (Feldman *et al.*, 2018).

Karang merupakan hewan penyusun utama terumbu karang yang terdiri dari polip sebagai jaringan hidup dan skeleton serta bersimbiosis dengan alga *zooxanthellae*. Setiap polip karang tersusun atas 3 lapisan tubuh yang sederhana yaitu epidermis, mesoglea, dan gastrodermis. Polip karang mengsekresikan zat kapur CaCO_3 yang membentuk kerangka kapur yang diendapkan dan membentuk pola yang berbeda setiap jenis karang (Giyanto *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018). Morfologi karang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Sumber: (Kelley, 2012)

Gambar 2. Morfologi Karang

2.2.2 Reproduksi Karang

Reproduksi yaitu cara yang alami untuk mempertahankan keberadaan karang di perairan. Sebagian besar pola reproduksi karang adalah *monocious* (hermaprodit) dan *diocious* (Bachtiar, 2003). Pada umumnya, karang bereproduksi secara seksual dan asexual. Reproduksi seksual melibatkan proses gametogenesis dimana pada reproduksi ini, tingkat produksi ovum dan

larva (fekunditas) merupakan proses penting dalam reproduksi karang (M. Coppari *et al.*, 2019; Enochs & Glynn, 2017). Reproduksi seksual dengan fertilisasi internal maupun eksternal akan menghasilkan larva planula karang yang mengalami perkembangan selanjutnya di luar koloni induk (Richmond & Hunter, 1990).

Reproduksi aseksual dapat terjadi melalui fragmentasi, polyp *bail-out*, *budding* atau produksi aseksual planula (Giyanto *et al.*, 2017; Richmond & Hunter, 1990). Pada Cnidaria, reproduksi aseksual dianggap sebagai adaptasi terhadap lingkungan yang tidak stabil atau tidak menguntungkan. Tipologi reproduksi aseksual terkait dengan kondisi stres lingkungan seperti fluktuasi suhu dan cahaya, pengeringan, ketidakstabilan substrat (Coppari *et al.*, 2019). *Polyp bailout* adalah salah satu respons stres karang yang diketahui melibatkan pelepasan polip individu dari bentuk koloni sebagai cara untuk membebaskan dari kondisi yang tidak menguntungkan. Hal ini dapat mempengaruhi kematian dan rekrutmen genotipe karang secara aseksual di berbagai spesies (Coppari *et al.*, 2020; Fordyce *et al.*, 2017). Karang dapat berkembang dengan membentuk tunas baik di dalam (*intratentakular budding*) maupun diluar individu lama (*ekstratentakular budding*). Selain itu fragmen karang dapat ditransplantasi dengan mengambil sebagian tubuh dari karang untuk ditanam menjadi koloni atau individu baru (Hadi *et al.*, 2018).

Reproduksi dapat dipengaruhi oleh stressor alami dan antropogenik, biasanya stressor alami ini akan diperparah oleh stressor antropogenik. Keadaan fisiologis karang mempengaruhi pertumbuhan koloni, perbaikan jaringan (apabila dibutuhkan), kalsifikasi, dan reproduksi. Karang yang mengalami stress dapat menunjukkan penurunan kuantitas dan kualitas gamet, bahkan sampai ke titik kegagalan reproduksi dalam kondisi yang parah, seperti akibat suhu yang tinggi (Enochs & Glynn, 2017). Suhu air laut diketahui dapat mempengaruhi

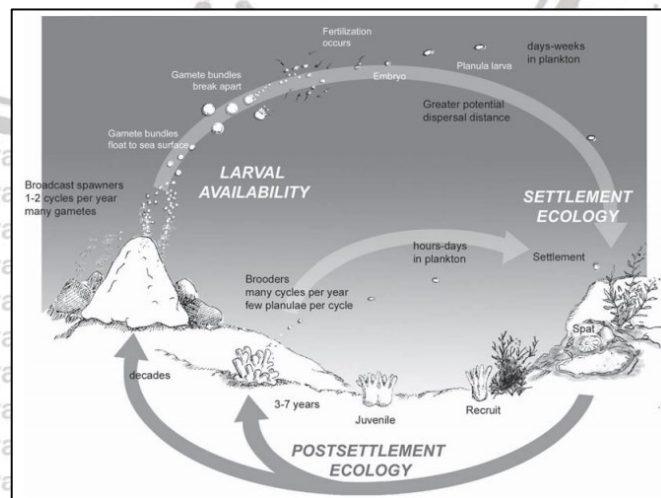
metabolisme karang yang berakibat pada siklus gametogenesis dan pematangan gonad (Feldman *et al.*, 2018).

2.2.3 Rekrutmen karang

Rekrutmen karang berkaitan dengan keberhasilan penempelan larva karang sampai terbentuk skeleton pada permukaan substrat dan bertahan lama dalam jangka waktu tertentu (Munasik *et al.*, 2014). Peristiwa ini menjadi bagian penting dalam proses pembentukan komponen penyusun ekosistem terumbu karang. Penempelan larva karang dan keberhasilan hidup pasca penempelan adalah dua langkah kunci untuk rekrutmen karang yang berhasil (Elmer, 2017).

Menurut Ritson-Williams *et al.*, (2009), secara berurutan terdapat tiga fase untuk keberhasilan rekrutmen karang (Gambar 3) yaitu:

- (1) Ketersediaan larva, berkaitan dengan produksi sel gamet, keberhasilan fertilisasi, dan konektivitas;
- (2) Ekologi penempelan, berkaitan dengan kondisi larva dan perilaku larva dalam pemilihan substrat;
- (3) Ekologi pasca-penempelan, berkaitan dengan keberlangsungan hidup dan pertumbuhan pada substrat pilihan.



Sumber: (Ritson-Williams *et al.*, 2009)

Gambar 3. Fase Rekrutmen Karang

Rekrutmen karang dapat dijadikan tolok ukur keberhasilan reproduksi karang. Rekrutmen dipengaruhi oleh faktor biotik berupa predator, kompetisi, dan akumulasi *biofouling* seperti teritip, spons, hydrozoa, dan tunicata yang diduga dapat menghambat kelangsungan hidup larva yang menempel. Adapun faktor abiotik berupa variabilitas dan gangguan lingkungan seperti polutan, termasuk pestisida, yang dapat menghambat pemicu metamorf atau reseptor larva, sehingga mempengaruhi keberhasilan penempelan dan metamorfosis (Enochs & Glynn, 2017; Harrison & Wallace, 1990; Richmond & Hunter, 1990).

Rekrutmen larva planula karang secara seksual dipengaruhi beberapa parameter seperti waktu reproduksi, periode kompetensi larva planula, arus, densitas predator maupun kompetitor serta ketersediaan substrat (Richmond & Hunter, 1990).

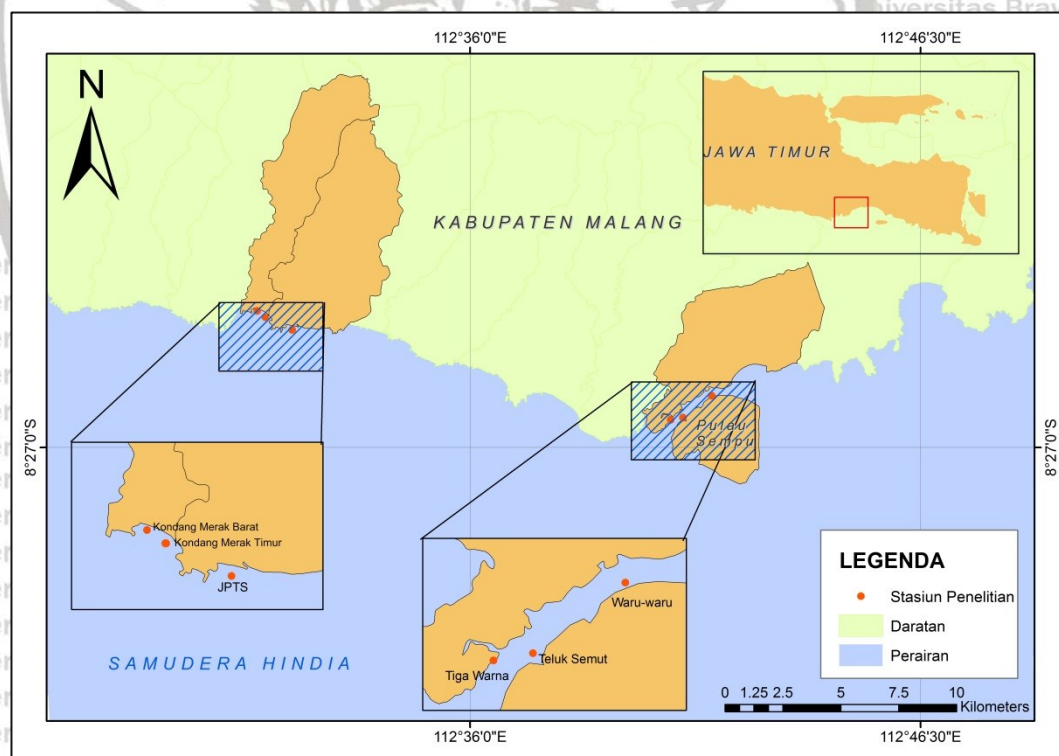
Kelimpahan karang rekrut berkaitan dengan ketersediaan substrat yang mendukung keberhasilan rekrutmen, biasanya substrat ini memiliki kondisi kestabilan yang tinggi dan telah dilapisi oleh biofilm (Rahman *et al.*, 2014).

Akumulasi biofilm menghasilkan mucus yang memicu penempelan larva melalui kontak fisik dan kimiawi (Munasik *et al.*, 2014). Selama proses rekrutmen pada substrat, substrat yang bercelah dan kasar lebih disukai larva karang karena memiliki preferensi yang lebih baik, selain itu diduga untuk mempertahankan rekrutmen dan menghindari predasi (Rahman *et al.*, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di perairan Perairan Malang Selatan dengan 6 *site* pengambilan data yaitu perairan Jembatan Panjang Tanjung Sirap (JPTS), Waru-war, Teluk Semut, Tiga Warna, Pantai Kondang Merak Barat dan Kondang Merak Timur. Pemasangan substrat kolektor dilakukan mulai tanggal 17 Juli 2020 - 19 Juli 2020. Pengambilan substrat kolektor dilakukan sebanyak 2 kali dengan durasi waktu yang berbeda, yaitu 3 bulan (*short-time immersion tiles*) dan 6 bulan (*long-time immersion tiles*). Peta lokasi peletakkan substrat kolektor dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Peletakkan Susbtrat Kolektor

Waktu pelaksanaan penelitian skripsi secara keseluruhan dilakukan selama kurang lebih 8 bulan terhitung mulai dari bulan Juli – Februari 2021. Kegiatan

survey lokasi dilaksanakan pada bulan Juni minggu keempat. Penyusunan proposal dilaksanakan pada bulan Februari. Pengambilan data penelitian dilakukan dalam rentang bulan Juli hingga Januari. Kegiatan pengolahan data dilakukan dalam rentang bulan Februari hingga Maret. Penyusunan laporan skripsi dan revisi dilakukan bulan April hingga Juni. *Timeline* pelaksanaan penelitian dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Timeline* pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Jun		Juli-Januari				Jan				Feb				Mar				Apr-Juni			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Survey lokasi																						
2	Pembuatan proposal																						
3	Pelaksanaan penelitian																						
4	Pengolahan data																						
5	Penyusunan laporan dan revisi																						

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian.

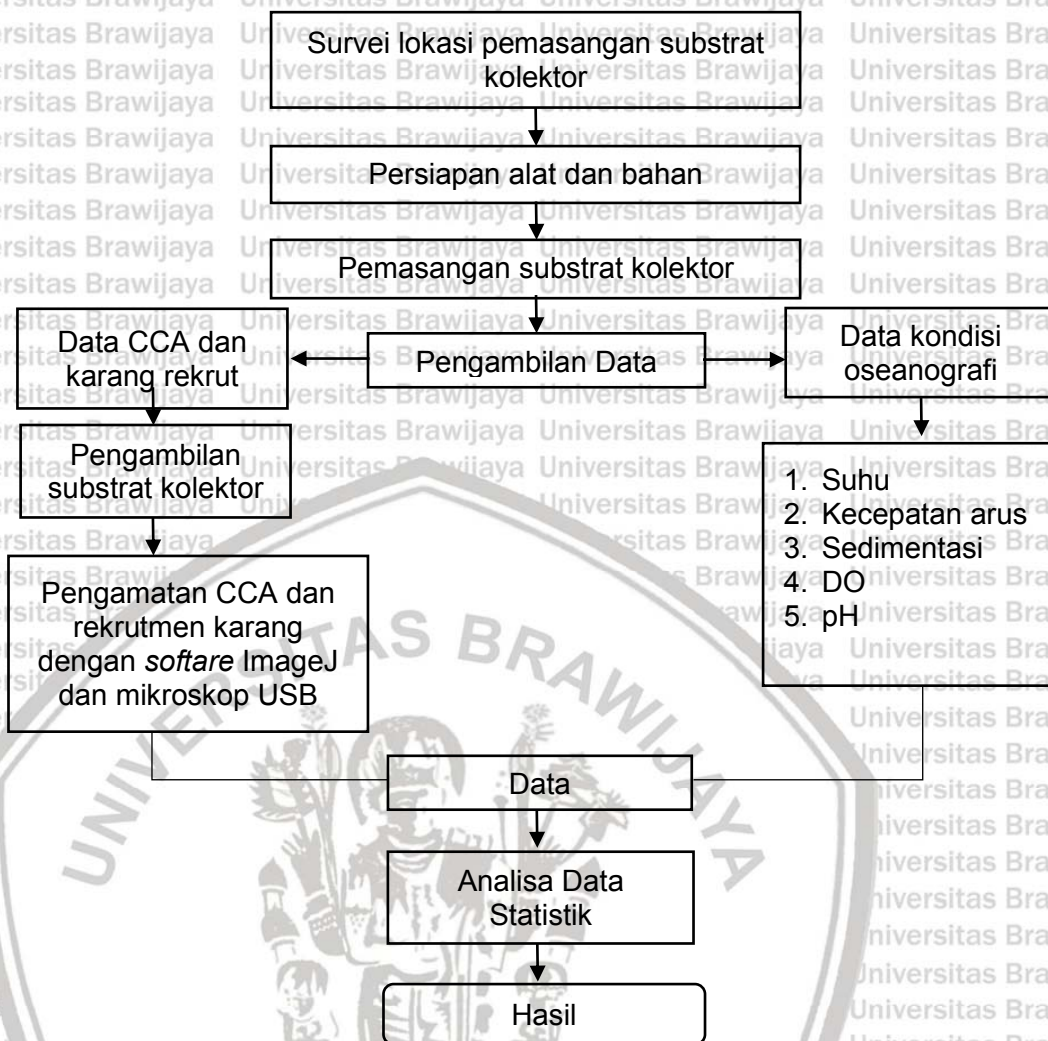
NO	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Sterofoam	Ukuran 75x42x32 cm	Sebagai wadah sampel
2	Sarung tangan	AMSCUD	Sebagai pelindung tangan
3	Kamera underwater	TG Olympus 5	Alat dokumentasi
4	Kapal	Kayu (15 GT)	Alat transportasi
5	Palu	Kayu	Alat bantu pemasangan substrat kolektor
6	Tang	Besi	Alat bantu pemasangan dan pelepasan substrat kolektor
7	Tatah	Besi	Alat bantu pemasangan substrat kolektor
8	Alat selam dasar	Masker, snorkel, fin	Alat bantu penyelaman
9	Alat tulis	Joyko	Untuk mencatat
10	Termometer	-	Mengukur suhu perairan
11	<i>Sediment trap</i>	-	Sebagai perangkat sedimen
12	DO-meter	AZ-8403 DO meter	Mengukur oksigen terlarut
13	Current meter	Flowatch FL03	Mengukur arus
14	Substrat kolektor	Marmo 10x10 cm, Palimanan 10x10 cm	Media rekrutmen karang
15	Software ImageJ	versi 1.x, Wisconsin	Aplikasi proyeksi gambar
16	Software Microsoft Excel	2010	Preparasi data persentase, jumlah koloni CCA dan jumlah rekrutmen karang sebelum diolah ke software SPSS
17	Software AMCAP	-	Dokumentasi pengamatan substrat kolektor
18	Software IBM SPSS Statistics	Versi 26	Menguji data secara statistic
19	Mikroskop USB	Perbesaran 1600x	Mengamati komponen substrat kolektor berukuran kecil
20	Laptop	ACER Aspire ES14	Mengolah data dan menyusun laporan
21	ArcGIS	ArcMap 10.3	Membuat peta lokasi

Tabel 3. Bahan yang digunakan dalam penelitian.

NO	Nama Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Plastik zip	30 cm x 35 cm 20 cm x 25 cm	Wadah susbtrat kolektor dan sampel sedimen
2	Selotip kertas	Ukuran besar	Penanda sampel
3	Spidol	<i>Snowman</i>	Penanda sampel
4	Tali/ kawat	1 gulung	Pengikat <i>sediment trapm</i> dan substrat kolektor
5	Sampel sedimen	-	Sampel yang akan diuji
6	Tisu	Paseo	Pembersih alat yang akan digunakan
7	Aquades	-	Kalibrasi alat ukur

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan, dimulai dari survey lokasi penelitian, penentuan lokasi, peletakkan susbtrat kolektor secara horizontal, pelepasan substrat kolektor setelah 3 bulan dan 6 bulan peletakkan sekaligus pengambilan data parameter oseanografi. Pasca pengambilan substrat kolektor, dilakukan dokumentasi untuk keperluan data CCA dan jumlah rekrutmen karang menggunakan *software* ImageJ 1.X, Wisconsin dan mikroskop USB. Setelah melakukan identifikasi, didapatkan data statistik yang selanjutnya diolah dan dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil penelitian. Alur yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur penelitian

3.4 Penentuan Stasiun Penelitian

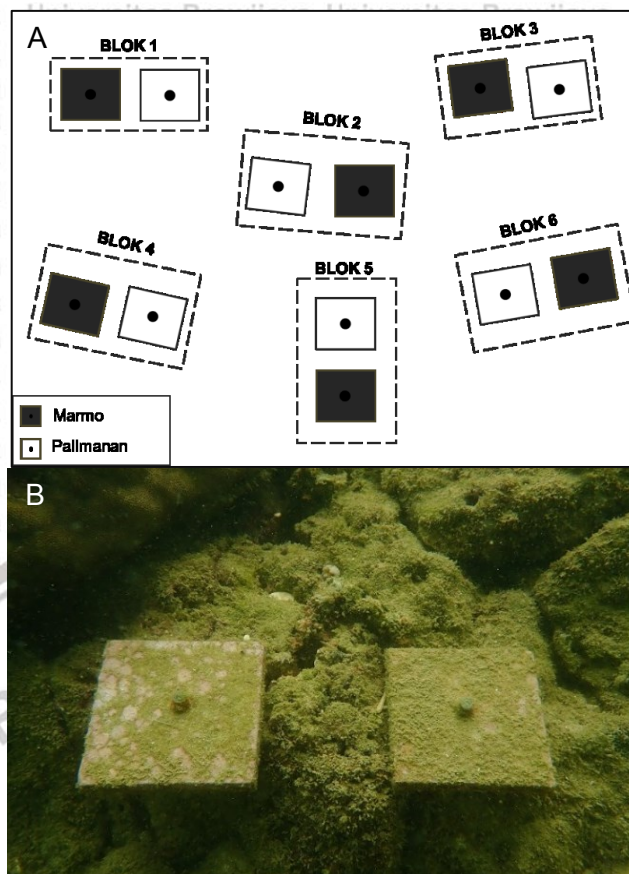
Penelitian dilakukan dengan meletakkan 30 blok substrat kolektor pada 6 lokasi yang berbeda yaitu di Waru-war, Teluk Semut, Tiga Warna, Pantai Kondang Merak Barat, Kondang Merak Timur, dan JPTS. Pada perairan Sempu, tepatnya stasiun Teluk Semut dan Waru-war, dilakukan pemasangan substrat kolektor berukuran 10x10 cm secara horizontal pada kedalaman sekitar 2-3 meter. Pada stasiun Tiga Warna, peletakkan substrat kolektor berukuran 10x10 cm dilakukan pada kedalaman sekitar 2-3 meter di dekat rumah apung. Sedangkan pada stasiun Pantai Kondang Merak dibagi menjadi 2 sisi yaitu

Pantai Kondang Merak Barat dan Timur, diletakkan substrat kolektor berukuran 10x10 cm masing-masing 30 blok substrat kolektor. Pada stasiun JPTS diletakkan di dekat jembatan panjang.

3.5 Peletakkan dan pelepasan substrat kolektor

Penelitian menggunakan 2 macam substrat kolektor, yaitu marmo dan palimanan yang kemudian disebut sebagai 1 blok substrat kolektor. Substrat marmo memiliki permukaan yang lebih halus dan terbuat dari CaCO_3 , sedangkan palimanan memiliki permukaan yang lebih kasar dan terbuat dari SiO_2 . Sejumlah 30 blok substrat kolektor dengan jenis yang berbeda diletakkan secara horizontal, masing-masing blok dipisahkan oleh jarak 1-2 meter dan pada kedalaman sekitar 5 meter (Gambar 6). Pada setiap blok, sepasang substrat kolektor diletakkan berjajar dengan jarak 10 cm satu sama lain diatas substrat berbatu. Substrat kolektor kemudian dikaitkan dengan memasukkan paku pada lubang substrat kolektor dan diatas substrat berbatu (Nozawa *et al.*, 2011).

Penggunaan substrat kolektor banyak digunakan oleh studi ekologi sebagai cara yang efektif dan sederhana dalam mengamati pertumbuhan serta perekrutan komunitas bentik (Kennedy *et al.*, 2017). Pengambilan substrat kolektor dilakukan pada dua periode waktu yaitu setiap 3 bulan (*short-time immersion tiles*) dan 6 bulan (*long-time immersion tiles*).



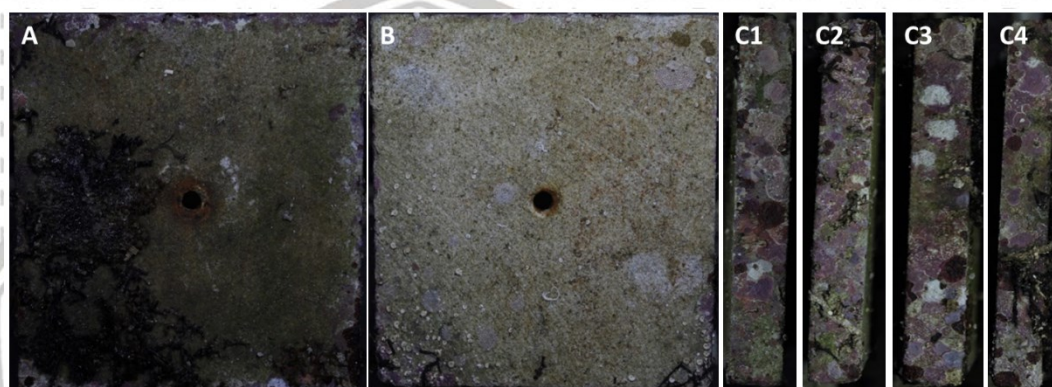
Gambar 6. Peletakkan substrat kolektor. (A) Ilustrasi peletakkan substrat kolektor (dimodifikasi dari (Nozawa *et al.*, 2011); (B) Substrat kolektor pada saat penelitian.

Setelah melakukan pemasangan selama 3 bulan dan 6 bulan, substrat kolektor didokumentasikan terlebih dahulu kondisinya ketika di dalam perairan sebelum dilakukan pelepasan. Substrat kolektor yang sudah dilepas dimasukkan ke dalam plastik zip yang telah diberi kode *site*, nomor, dan jenis substrat kolektor (Contoh: WW (Waru-waru) 01 (Nomor urut) PL (Palimanan). Setelah itu memasukkan substrat kolektor ke dalam sterofoam dan disusun secara rapi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.

3.6 Pasca pengambilan substrat kolektor

Substrat kolektor yang sudah dilakukan *tagging* dikeluarkan dari plastik zip dan dilakukan dokumentasi pada keenam sisinya. Masing-masing sisi diberi

tanda A (sisi atas), B (sisi bawah), C1 (sisi samping atas), C2 (sisi samping kanan), C3 (sisi samping bawah), dan C4 (sisi samping kiri) (Gambar 7). Hasil dokumentasi kemudian diberi nama *site_kode* substrat kolektor_nomor_kode sisi (Contoh: SB_PL_01_A) agar memudahkan proses identifikasi menggunakan ImageJ. Setelah melakukan dokumentasi, substrat kolektor ditandai dengan tali berbeda warna untuk menandai sisi depan dan belakang dan dimasukkan dalam plastik zip.



Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2020)

Gambar 7. Substrat kolektor ukuran 10 x 10 cm yang diambil pada stasiun Kondang Merak Barat. Sisi A bagian atas; sisi B bagian bawah, sisi C1-4 bagian samping.

3.7 Pengolahan Data CCA dan Rekrutmen Karang

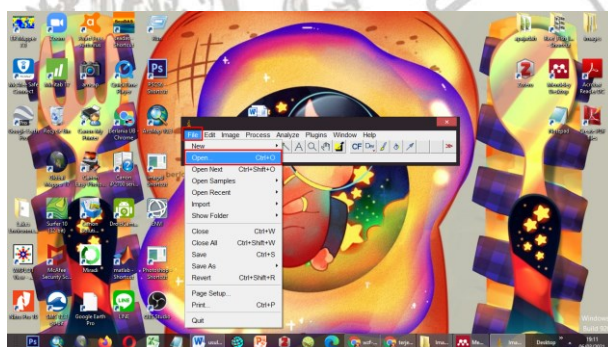
Pengolahan data CCA dan rekrutmen karang menggunakan *software* ImageJ. *Software* ImageJ merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk analisis citra gambar. Aplikasi ini mampu menghitung dan menggambarkan angka tutupan dengan baik. Hal pertama yang harus dilakukan sebelum menganalisis gambar yaitu mengatur ukuran pixel gambar dengan ukuran acuan, biasanya ditampilkan berupa garis skala untuk menunjukkan tingkat perbesaran yang dilakukan (Kurniawan *et al.*, 2011; Prihanto *et al.*, 2011).

3.7.1 Pengolahan Data CCA

Langkah selanjutnya setelah dokumentasi yaitu melakukan perhitungan luasan dan densitas CCA menggunakan *software* ImageJ. CCA yang dijumpai melekat, dilakukan digitasi dan diberi nomor. Langkah selanjutnya, melakukan *export* data berupa file *Microsoft Excel Comma Separated Values* (.csv) dan *Tagged Image File Format* (.tiff) untuk dilakukan uji statistik. Setelah itu, CCA yang melekat pada substrat kolektor diamati dengan mikroskop USB dan didokumentasikan menggunakan *software* AMCAP.

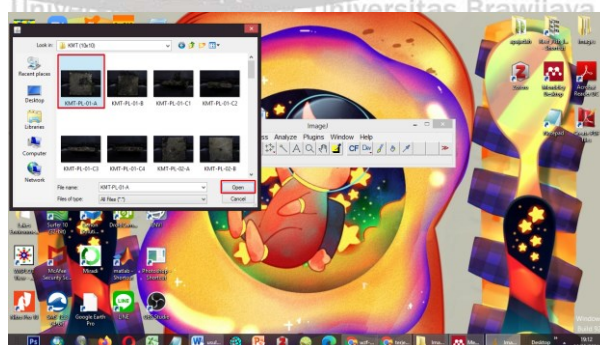
Berikut adalah langkah-langkah menghitung luasan CCA menggunakan *software* ImageJ.

1. Buka file menggunakan *software* ImageJ. Klik *File> Open*.



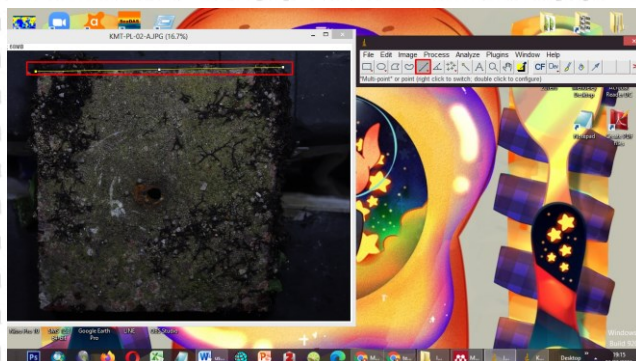
Gambar 8. Membuka *software* ImageJ

2. Pilih gambar yang akan dilakukan perhitungan luasan CCA. Kemudian klik OK.



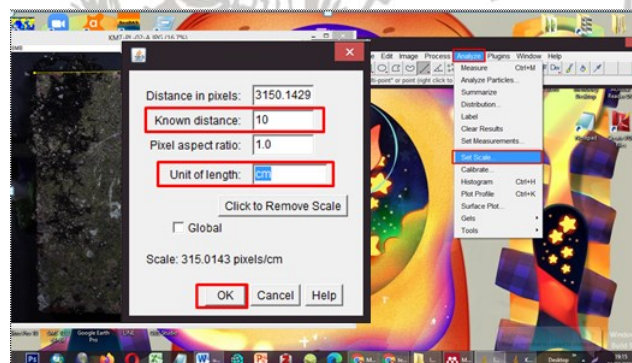
Gambar 9. Memilih dokumen

3. Untuk mengatur ukuran sesuai substrat kolektor, klik *Straight line* dan tarik garis lurus di tepian substrat kolektor.



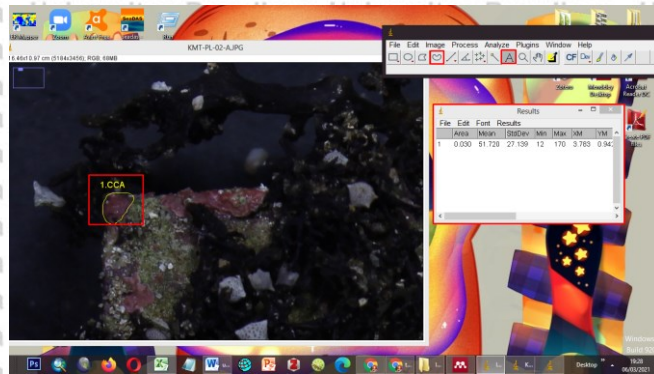
Gambar 10. Menarik garis tepi

4. Langkah selanjutnya adalah klik menu *Analyze> set scale*. Pada kotak dialog yang muncul, isilah kolom *known distance* dengan ukuran substrat kolektor yang dipilih serta mengganti *unit of length* dengan satuan sentimeter. Kemudian klik OK.



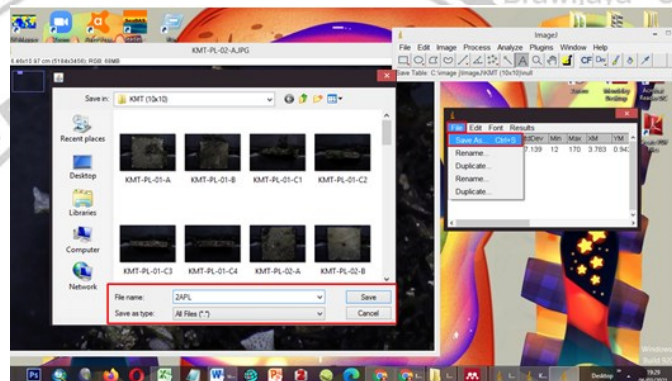
Gambar 11. Mengatur ukuran file

5. Mulailah melakukan digitasi dengan cara klik *icon Freehand selection*. Setelah melakukan digitasi, kunci area tersebut dengan cara CTRL+D dan diberi kode CCA. Setelah terkunci, lakukan CTRL+M untuk memunculkan kotak dialog result. Kotak dialog ini berisi data perhitungan luasan CCA.



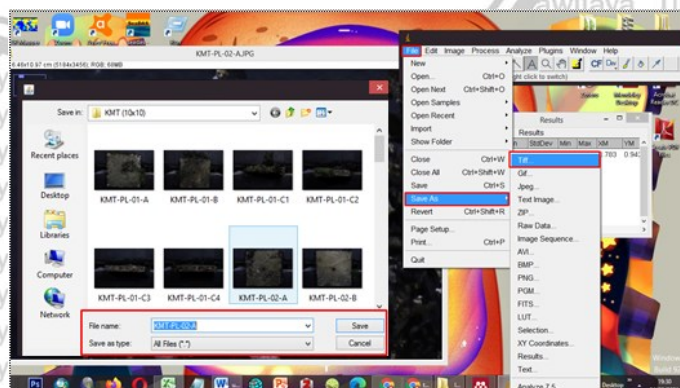
Gambar 12. Melakukan perhitungan luasan CCA

6. Lakukan digitasi pada seluruh CCA. Setelah itu simpan hasil perhitungan dengan cara klik **File> Save** pada kotak dialog **Result**.



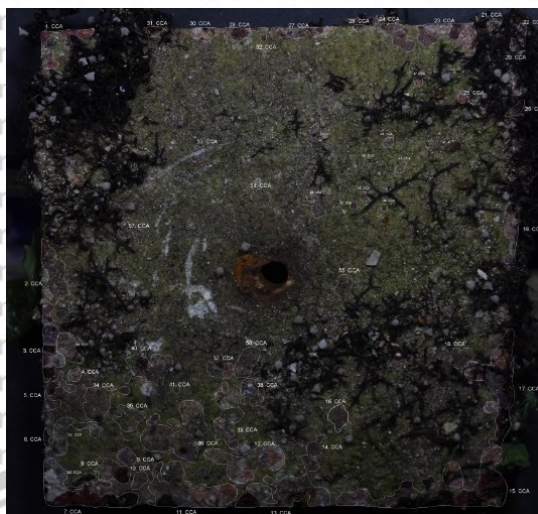
Gambar 13. Menyimpan file pada kotak dialog **Result**

7. Langkah terakhir yaitu menyimpan file hasil perhitungan gambar dengan format tiff. Klik **File> Save as> .tiff**. Hal ini berguna agar resolusi gambar yang dihasilkan baik.



Gambar 14. Menyimpan file dalam format .tif

8. Hasil pengolahan dengan ImageJ.



Gambar 15. Garis putih menandai area CCA pada substrat kolektor

3.7.2 Pengolahan Data Rekrutmen Karang

Rekrutmen karang yang dijumpai melekat pada substrat kolektor diamati menggunakan mikroskop USB dengan perbesaran 1600x yang dihubungkan dengan laptop dan dibantu *software* AMCAP. Karang rekrut yang ditemukan kemudian didokumentasikan dengan AMCAP dan dicatat kode substrat kolektornya serta kode sisinya. Langkah selanjutnya, jumlah karang rekrut direkap dengan *software* Microsoft Excel untuk dilakukan uji korelasi dengan persentase tutupan CCA.

3.8 Identifikasi Bentuk Pertumbuhan CCA

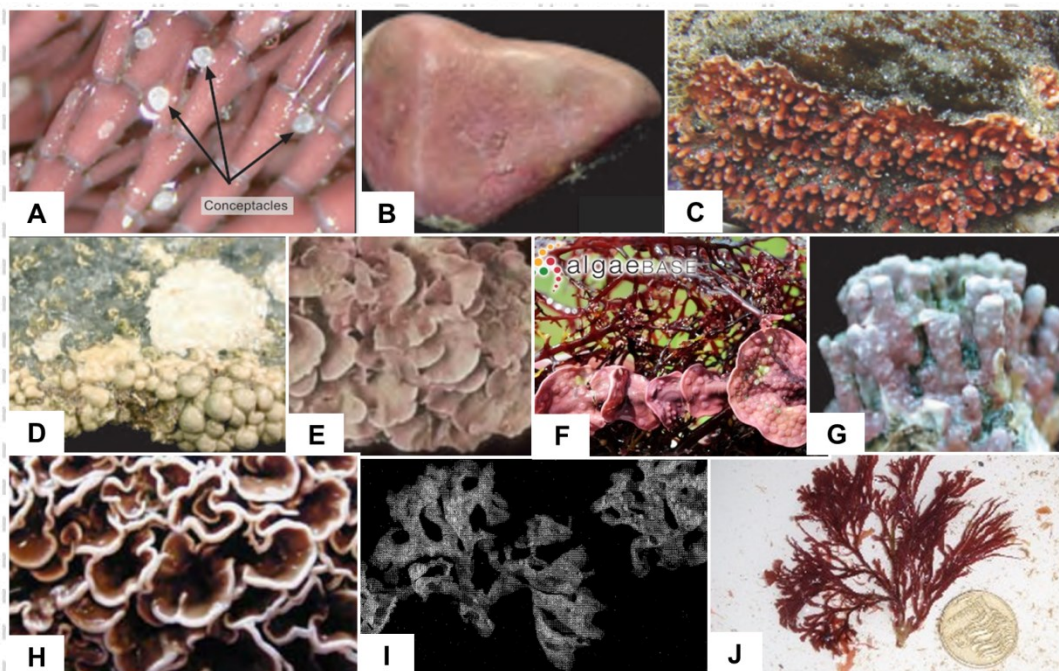
Bentuk pertumbuhan alga koralin *non-geniculate* atau CCA (Gambar 16) dapat dideskripsikan dengan satu terminologi (misalkan *encrusting*), maupun 2 atau lebih terminologi yang menggambarkan gabungan dari bentuk pertumbuhan (seperti *encrusting to warty*, *encrusting to warty to fruticose*). Di seluruh dunia, satu spesies bisa memiliki hingga enam bentuk pertumbuhan yang berbeda, dan mirip dengan spesies lainnya. Maka dari itu sulit melakukan identifikasi hanya

melalui pengamatan biasa, atau bahkan tidak mungkin. Terlepas dari keterbatasan ini, bentuk pertumbuhan juga membantu proses pengamatan dalam beberapa hal (Harvey, 2005; Woelkerling & Harvey, 1993). Identifikasi bentuk pertumbuhan CCA bisa diamati lebih jelas menggunakan mikroskop USB. Istilah dan penjelasan mengenai bentuk pertumbuhan CCA disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Bentuk pertumbuhan alga koralin *non-geniculate*

No.	Bentuk pertumbuhan	Deskripsi
1	<i>Unconsolidated</i> (Tidak terkonsolidasi)	Bentuk pertumbuhan yang tersusun sebagian atau seluruhnya dari filamen yang tidak terkonsolidasi (bebas).
2	<i>Encrusting</i> (Mengerak)	Bentuk pertumbuhan yang menggambarkan sebagian besar menempel, berkerak, dan pipih, serta tanpa tonjolan maupun cabang.
3	<i>Warty</i> (Berkutil)	Istilah yang digunakan untuk menggambarkan bentuk pertumbuhan dengan <i>protuberances</i> yang pendek (biasanya <3 mm)
4	<i>Lumpy</i> (Menggumpal)	Bentuk pertumbuhan yang memiliki tonjolan yang menggumpal, menggembung, biasanya saling berdekatan/berdempet.
5	<i>Fruticose</i>	Bentuk pertumbuhan yang sebagian besar terdiri dari cabang silindris hingga terkompresi atau menonjol yang panjangnya lebih dari 3 mm.
6	<i>Discoid</i> (Berbentuk cakram)	Bentuk pertumbuhan seperti cakram dan lempeng, pipih, sebagian besar tidak melekat.

- 7 Layered (Berlapis) Bentuk pertumbuhan yang terdiri dari beberapa hingga banyak cabang pipih yang tersusun dalam lapisan berorientasi horizontal. CCA tampak bertingkat-tingkat pada tampilan permukaan.
- 8 *Foliose* (seperti lembaran daun) Bentuk pertumbuhan yang terdiri dari beberapa cabang pipih atau *lamellate* (seperti piringan) yang tersusun pada berbagai sudut satu sama lain, dan berlapis secara vertikal.
- 9 *Ribbon-like* (Berbentuk seperti pita) Bentuk pertumbuhan seperti pita terdiri dari cabang datar, seperti pita (*taeniform*) dan tidak memiliki *holdfast* (alat melekat) yang nyata/jelas.
- 10 *Arborescent* Bentuk pertumbuhan kurang lebih seperti tanaman/ pohon, terdiri dari *holdfast* (alat melekat) yang jelas dan tangkai yang rata, percabangannya berbentuk seperti pita hingga seperti kipas.



Sumber: (Algaebase, 2021; Harvey, 2005; Woelkerling & Harvey, 1993)

Gambar 16. Bentuk pertumbuhan alga koralin *non-geniculate* (CCA). (A) *Uncosolidated*; (B) *Encrusting*; (C) *Warty*; (D) *Lumpy*; (E) *Layered*; (F) *Discoid*; (G) *Fruticose*; (H) *Foliose*; (I) *Ribbon-like*; (J) *Arborescent*.

3.9 Kondisi Fisika-Kimia Oseanografi

Pengambilan data kondisi fisika-kimia oseanografi dilakukan pada masing-masing lokasi penelitian. Adapun kondisi fisika perairan berupa kecepatan arus, suhu, dan sedimentasi. Sedangkan kondisi kimia yang diambil yaitu DO dan pH.

Kalibrasi wajib dilakukan setiap kali akan memakai alat (Prima *et al.*, 2016).

Pengambilan data kondisi perairan dilakukan bersamaan dengan peletakkan dan pelepasan substrat kolektor, dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Pengukuran kondisi fisika perairan kecepatan arus menggunakan *current meter*, dimana kecepatan arus ini akan dihitung dalam satuan meter/detik. Alat ini dimasukkan pada kedalaman tertentu dan hasilnya dapat diketahui dengan melihat *display* (Chang, 2017). Pengukuran suhu perairan menggunakan termometer digital, dengan cara memasukkan ujung sensor kedalam air laut dan

membelakangi arah sinar matahari, setelah itu melihat nilai yang muncul pada *display*. Ketika nilai tersebut sudah konstan, maka diklik *hold* untuk menyimpan nilai suhu dalam satuan Celcius.

Pengambilan sampel sedimen menggunakan *sediment trap* yang diletakkan di dasar perairan sesuai dengan titik lokasi yang telah ditentukan.

Sampel yang didapat akan dikeringkan dan dimasukkan ke laboratorium guna dan selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui laju sedimentasi (Adrianto *et al.*, 2017). Berikut adalah rumus perhitungan laju sedimentasi (Barus *et al.*, 2018).

$$LS = \frac{BS}{n \cdot \pi \cdot r^2} \dots \dots \dots \text{(Rumus 1)}$$

Keterangan :

LS = Laju sedimentasi (mg/cm²/hari),

Bs = Berat kering sedimen (mg),

Π = Konstanta (3,14),

r = Jari-jari lingkaran sediment trap,

n = Jumlah hari

Pengukuran kondisi kimia oksigen terlarut (DO) diukur dengan menggunakan DO meter, dengan cara memasukkan sensor ke dalam sampel air dan melihat nilai DO yang muncul pada *display* sampai nilai tersebut konstan (Prima *et al.*, 2016). Parameter pH diukur menggunakan pH meter dengan memasukkan sensor pH meter kedalam sampel dan ditunggu hingga nilai pH menunjukkan angka stabil dan dicatat hasilnya.

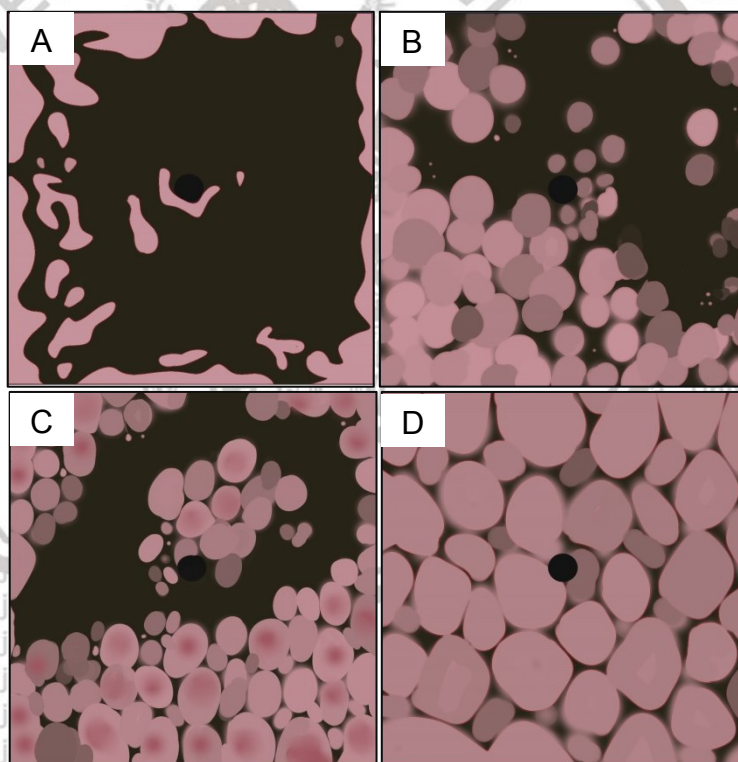
3.10 Analisis Data

3.10.1 Persentase tutupan CCA pada Substrat Kolektor

Setelah melakukan digitasi luasan CCA menggunakan ImageJ, dilakukan perhitungan tutupan CCA yang menempel pada substrat kolektor menggunakan rumus persentase tutupan (English *et al.*, 1998) yang dimodifikasi, sebagai berikut:

$$\text{Persentase tutupan} = \frac{\text{Jumlah luasan koloni CCA}}{\text{Luas substrat kolektor}} \times 100 \dots \dots \dots (\text{Rumus 2})$$

Persentase tutupan CCA pada masing-masing stasiun dan jenis substrat kolektor didapatkan hasil yang berbeda. Ilustrasi persentase tutupan CCA pada substrat kolektor disajikan pada Gambar 17.



Sumber: Dokumentasi Pribadi (2020)

Gambar 17. Ilustrasi tutupan CCA pada substrat kolektor. (A) tutupan 20%; (B) 50%; (C) 75%; (D) 100%.

3.10.2 Pengolahan Data Statistik

Perbandingan data menggunakan statistik non-parametrik. Pada penelitian ini variabel bebas merupakan substrat kolektor dan variabel terikatnya merupakan hasil CCA dan jumlah rekrutmen karang. Uji Mann-Whitney digunakan untuk melihat ada tidaknya perbedaan dua populasi independen yang berbeda, pada penelitian ini digunakan untuk melihat perbandingan persentase tutupan CCA dan perbandingan jumlah koloni pada kedua jenis substrat kolektor.

Uji Kruskal-Wallis digunakan untuk melihat ada tidaknya perbedaan tiga atau lebih populasi independen, adapun pada penelitian ini digunakan untuk melihat perbandingan persentase tutupan CCA dan jumlah koloni CCA pada kelima lokasi penelitian. Ketentuan pengambilan keputusan yang digunakan pada kedua uji statistik ini adalah H_0 diterima untuk $P\text{-value} > 0,05$ dan H_0 ditolak apabila $P\text{-value} < 0,05$ (Gio & Rosmaini, 2018).

Uji korelasi dilakukan untuk melihat keeratan hubungan antara 2 variabel, pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antara persentase tutupan CCA dengan jumlah rekrutmen karang. Korelasi dilambangkan dengan r (Arthana *et al.*, 2020). Tingkat hubungan koefisien korelasi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat hubungan korelasi (Arthana *et al.*, 2020)

Interval Koefisien	Tingkat korelasi
0,00 – 0,19	Tidak ada korelasi atau korelasi sangat lemah
0,20 – 0,39	Korelasi rendah
0,40 – 0,59	Korelasi sedang
0,60 – 0,79	Korelasi kuat
0,80 – 1,00	Korelasi sangat kuat atau sempurna

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Secara umum, lokasi penelitian dilakukan pada perairan Malang Selatan yaitu di perairan Sempu (stasiun Waru-warung dan Teluk Semut), Pantai Tiga Warna, Kondang Merak serta Jembatan Panjang Tanjung Sirap. Kawasan pesisir Malang memiliki 6 kecamatan mulai dari kecamatan Bantur hingga Ampelgading serta terdiri dari 19 desa pesisir. Desa pesisir tersebut membentang membentuk garis pantai sepanjang 92,244 km dengan luas perairannya kurang lebih 1696.35 km² (DKP Jatimprov, 2018).

Kawasan perairan Malang Selatan kaya akan ekosistem utama pendukung pesisir yaitu mangrove, lamun, dan terumbu karang. Ekosistem karang dijumpai di perairan Sendang Biru, Kondang Merak, dan Pulau Sempu, ekosistem lamun dijumpai pada Pantai Balekambang serta Pantai Kondang Merak, sedangkan ekosistem mangrove masih banyak ditemukan di sepanjang sempadan pantai kawasan pesisir Kabupaten Malang (Isdianto *et al.*, 2020). Kondisi perairan Malang Selatan yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia mengakibatkan perairan memiliki arus dan gelombang yang besar. Adapun perairan kawasan ini relatif mengandung banyak oksigen dan nutrient terlarut (Luthfi, 2017). Malang Selatan memiliki wilayah konservasi yaitu Clungup Mangrove Conservation Tiga Warna dan Cagar Alam Pulau Sempu (CAPS).

Perairan Sempu berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga karakteristik arus dan massa airnya dipengaruhi oleh fenomena seperti adanya arus *South Java Current* (Wibawa & Luthfi, 2017). Perairan ini dikenal memiliki sebuah pulau yang merupakan cagar alam, yaitu pulau Sempu dengan

luas 877 Ha. (BKSDA Jawa Timur, 2021) yang menyimpan banyak keanekaragaman flora dan fauna. Selain itu, perairan Sempu memiliki beberapa stasiun seperti Teluk Semut, Waru-waru dan Watu Meja dimana juga menyimpan keanekaragaman biota laut. Invertebrata yang kerap dijumpai adalah *Diadema urchin*, *pencil urchin*, dan kima dengan ukuran 10-20 cm, ikan karang yang didominasi oleh family Chaetodontidae serta *life form* karang keras yang didominasi oleh *coral massive*, *coral branching*, *coral foliose* dan *acropora branching* (Luthfi *et al.*, 2018; Luthfi *et al.*, 2018; Luthfi *et al.*, 2019). Perairan yang berada dekat di perairan Sempu yaitu Pantai Tiga Warna.

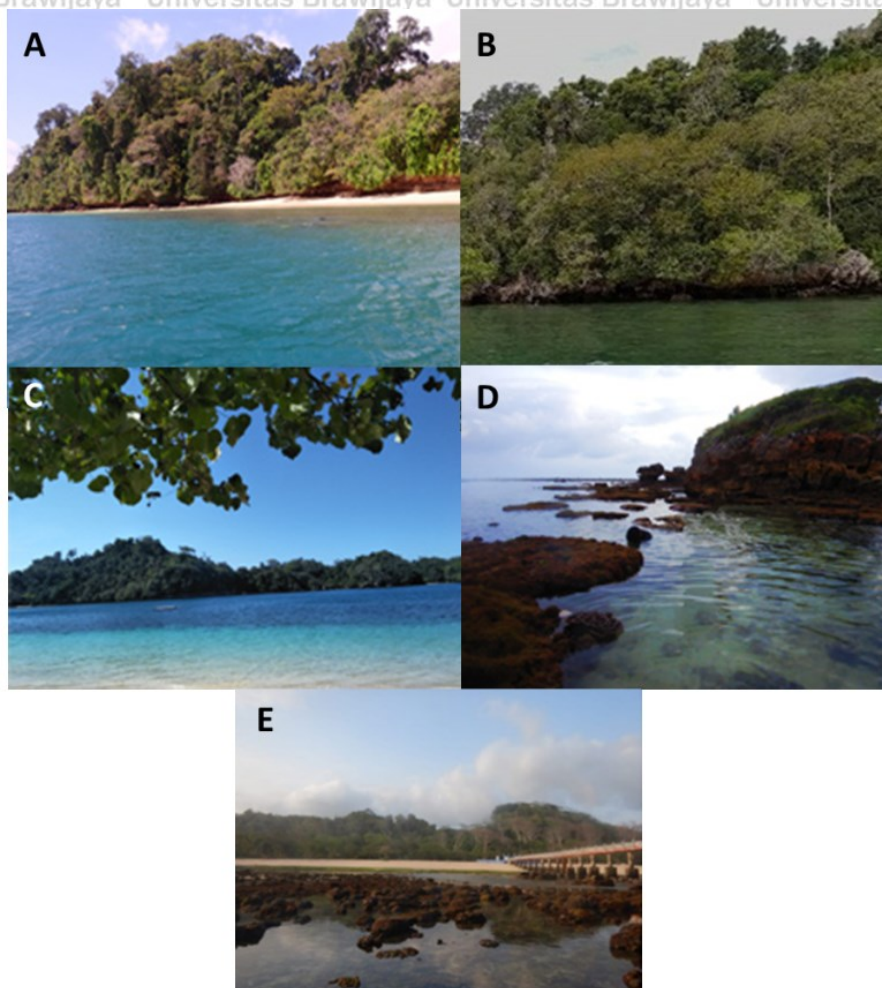
Kawasan CMC Tiga Warna merupakan salah satu zona konservasi di Malang Selatan, terletak di Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Kawasan ini memiliki dua area konservasi yaitu area konservasi mangrove (meliputi Pantai Clungup dan Pantai Gatra) dan area konservasi terumbu karang (meliputi Pantai Sapana, Pantai Mini, Pantai Batu Pecah dan Pantai Tiga Warna). Total luasan area mencapai 117 Ha terdiri dari 71 Ha mangrove, 10 Ha terumbu karang dan 36 Ha hutan lindung (Yayasan Bhakti Alam Sendang Biru, 2017). Terumbu karang di Pantai Tiga Warna memiliki potensial yang tinggi, tingkat ketahanannya dapat dilihat dari persentaseutupan terumbu karang yaitu sebesar 43,83%, dimana angkautupan ini masuk dalam kategori cukup baik (Isdianto *et al.*, 2020).

Pantai Kondang Merak terletak di Desa Sumberbening dan berbatasan langsung dengan kawasan hutan lindung yang masuk wilayah perhutani Malang, dimana hutan lindung ini merupakan habitat lutung jawa (Isdianto *et al.*, 2020).

Akses jalan ke Kondang Merak ketika pengambilan data masih dalam perbaikan pembangunan. Adapun ekosistem perairannya memiliki *reef crest*, *reef flat* dan *fore reef* (Nugraha *et al.*, 2016). Pantai Jembatan Panjang Tanjung Sirap bersebelahan dengan Pantai Balekambang, dimana kedua lokasi ini berdekatan

jaraknya dengan pantai Kondang Merak. Stasiun ini memiliki surut terendah apabila dibandingkan dengan lokasi penelitian sebelumnya.

Penelitian dilakukan pada lokasi penelitian yaitu Waru-war, Teluk Semut, Tiga Warna, Kondang Merak dan JPTS (Gambar 18).



Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2020)

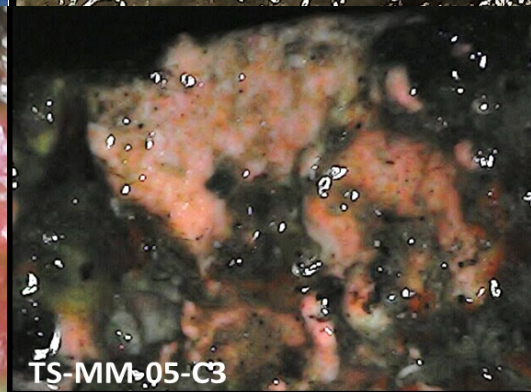
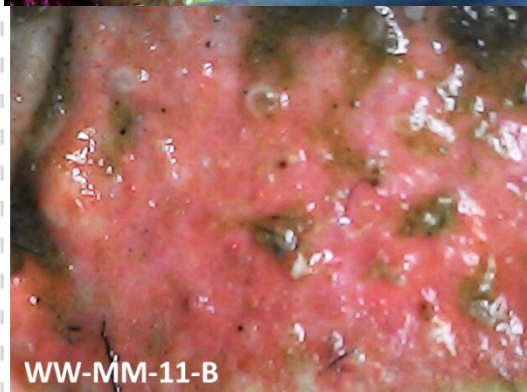
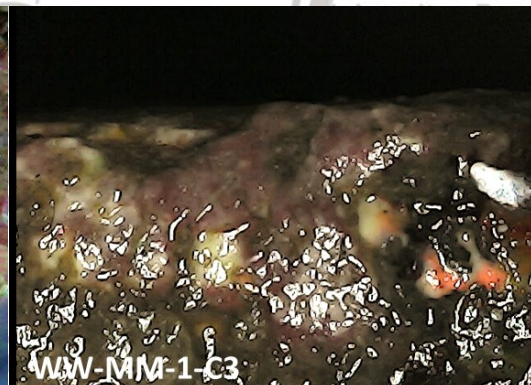
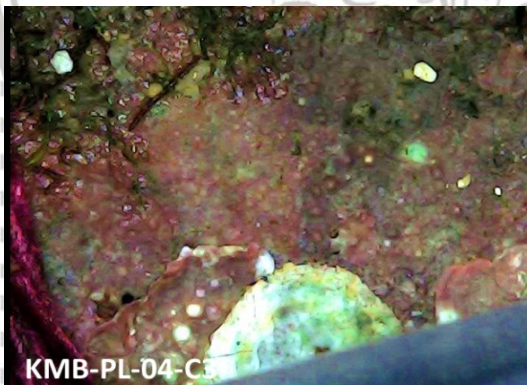
Gambar 18. Lokasi penelitian di perairan Malang Selatan. (A) Waru-war, (B) Teluk Semut, (C) Tiga Warna, (D) Kondang Merak dan (E) JPTS

4.1.2 Bentuk Pertumbuhan CCA

Jenis CCA yang ditemukan seluruhnya merupakan *epilithic* karena menempel pada substrat yang mirip batuan yaitu substrat kolektor. Bentuk pertumbuhan CCA yang ditemukan pada penelitian sebagian besar berbentuk *encrusting* dan *encrusting to layered* serta berwarna ungu, merah muda, oranye hingga hijau muda. Beberapa CCA ditemukan berwarna putih, diduga telah kehilangan pigmen. Adapun bentuk CCA yang tipis maupun tebal ditemukan pada seluruh stasiun penelitian.

4.1.2.1 Encrusting

Bentuk pertumbuhan *encrusting* memiliki tekstur yang mengikuti permukaan substrat. Bentuk pertumbuhan ini cenderung memiliki *thallus* yang tipis. *Thallus* yang tipis dijumpai pada substrat kolektor periode *short-time immersion tiles*.

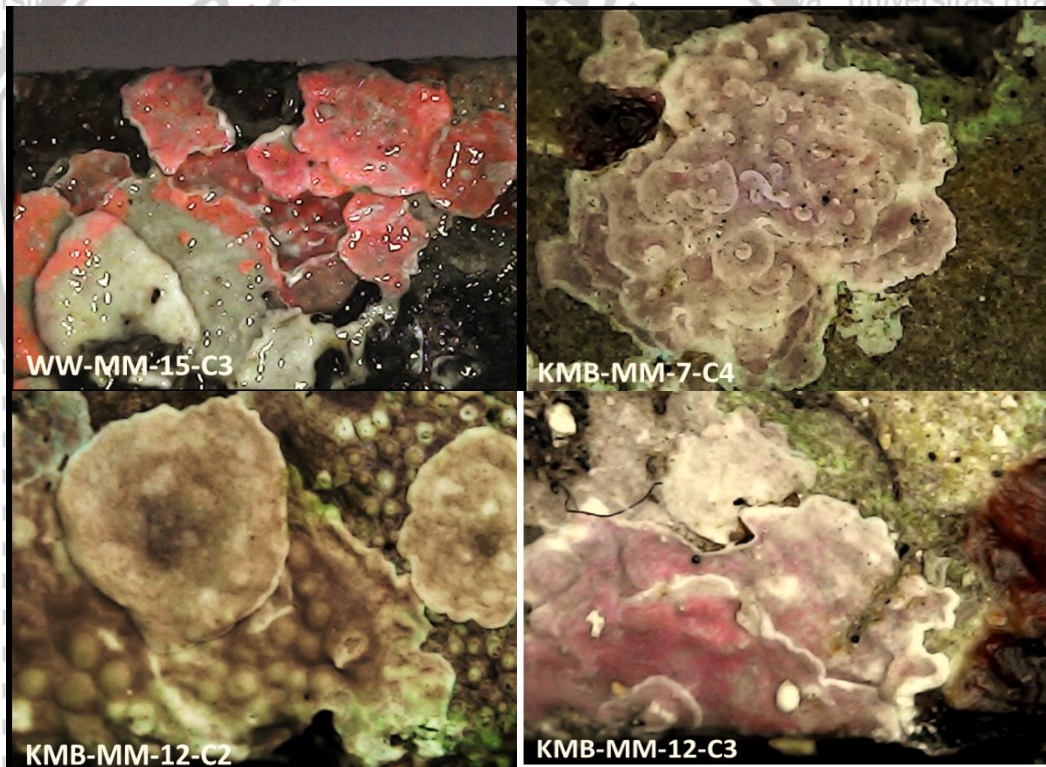


Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Gambar 19. Beberapa contoh bentuk pertumbuhan *encrusting* yang ditemukan pada stasiun penelitian

4.1.2.2 *Encrusting to layered*

Bentuk *encrusting to layered* merupakan gabungan dari bentuk pertumbuhan *encrusting* dan *layered*. Bentuk pertumbuhan ini mengerak dan membentuk lapisan yang menumpuk satu sama lain. Bentuk *thallus*nya biasanya tipis. Pada beberapa substrat kolektor ditemukan CCA yang saling menumpuk dan menyelimuti permukaan batu sehingga memiliki persentase tutupan sebesar 100%.



Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Gambar 20. Beberapa contoh bentuk pertumbuhan *encrusting to layered* yang ditemukan pada stasiun penelitian.

4.1.2.3 Encrusting to lumpy

Bentuk pertumbuhan gabungan *encrusting* dan *lumpy*. Pada bentuk pertumbuhan ini CCA mengerak serta menyatu pada permukaan substrat kolektor dan memiliki tonjolan-tonjolan yang menggumpal. Tonjolan ini terlihat padat dan berdekatan satu sama lain. CCA pada bentuk ini terlihat cukup tebal dan bervolume.



Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Gambar 21. Beberapa contoh bentuk pertumbuhan *encrusting to lumpy* yang ditemukan pada stasiun penelitian

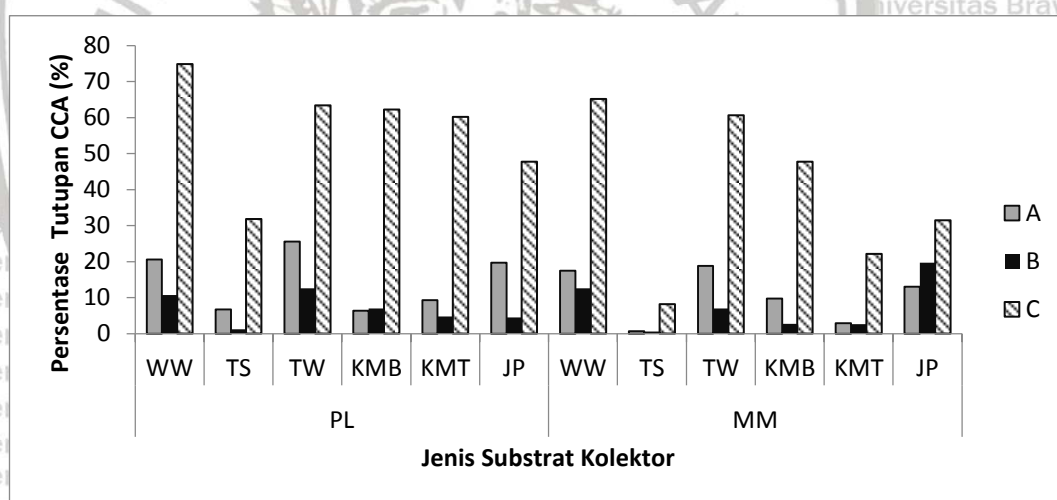
4.1.3 Perbandingan Persentase Tutupan CCA

4.1.3.1 Short-time immersion tiles

Short-time immersion tiles dilakukan dengan cara meletakkan 15 blok substrat kolektor di dasar perairan selama 3 bulan. Hasil pengolahan data, diketahui persentase rata-rata tutupan CCA pada substrat kolektor palimanan (PL) tertinggi yaitu $35,40 \pm 19,92$ pada stasiun Waru-waruu (WW) dan terendah

sebesar $13,25 \pm 9,42$ pada stasiun Teluk Semut (TS). Sedangkan pada substrat kolektor marmo (MM) persentase rata-ratautupan CCA tertinggi terdapat pada stasiun Waru-waruu yaitu sebesar $31,10 \pm 17,11$ dan terendah pada stasiun Teluk Semut, dengan nilai $3,13 \pm 2,49$. Berdasarkan uji statistik, persentase rata-ratautupan CCA pada 6 lokasi penelitian memiliki perbedaan yang signifikan (P -value marmo dan palimanan= $0,000 < 0,05$).

Secara keseluruhan, persentase rata-ratautupan CCA pada substrat kolektor palimanan (PL) lebih tinggi daripada substrat kolektor marmo (MM) (Gambar 22). Berdasarkan hasil uji statistik diketahui terdapat perbedaan persentase rata-ratautupan CCA yang signifikan antara kedua jenis substrat kolektor marmo dan palimanan (P -value= $0,001 < 0,05$). Adapun CCA menempati semua bagian sisi substrat kolektor yaitu sisi atas, bawah, dan samping.



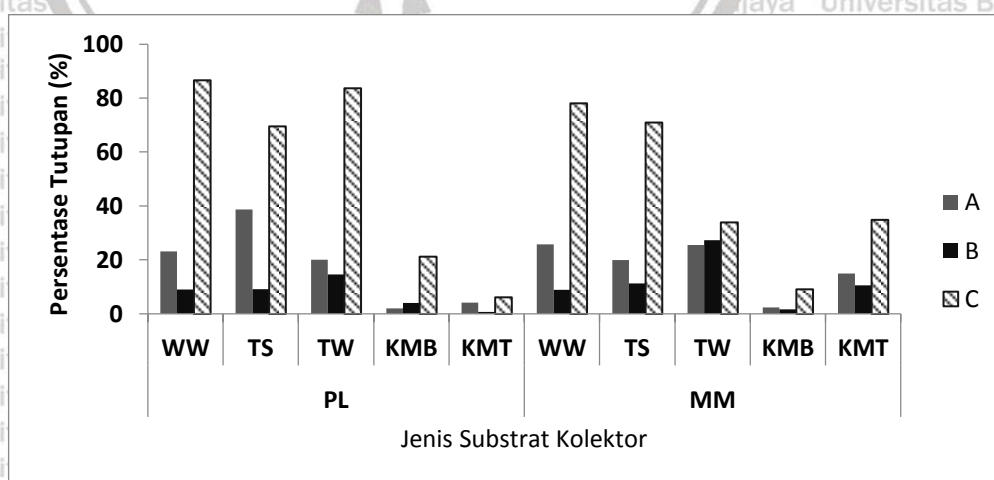
Gambar 22. Persentaseutupan CCA pada semua stasiun selama 3 bulan berdasarkan luasan area tentatif (240 cm^2). CCA ditemukan menempel pada sisi atas (A), bawah (B), dan samping (C). PL: Palimanan; MM: Marmo; WW: Waru-waruu; TS: Teluk Semut; TW: Tiga Warna; KMB: Kondang Merak Barat; KMT: Kondang Merak Timur; JP: JPTS.

4.1.3.2 Long-term immersion

Long-term immersion dilakukan dengan cara meletakkan 15 blok substrat kolektor ke dasar perairan selama 6 bulan. Namun pada stasiun Kondang Merak

Barat tersisa 5 pasang substrat kolektor, stasiun Kondang Merak Timur tersisa 10 buah, dan seluruh substrat kolektor di stasiun JPTS hilang. Dari hasil pengolahan data, diketahui persentase rata-rata tutupan CCA pada substrat kolektor palimanan (PL) tertinggi yaitu $39.60 \pm 23,87$ pada stasiun Waru-waru (WW) dan terendah sebesar $3,67 \pm 1,57$ pada stasiun Kondang Merak Timur (KMT). Sedangkan pada substrat kolektor marmo (MM) persentase rata-rata tutupan CCA tertinggi terdapat pada stasiun Waru-waru yaitu sebesar $37,58 \pm 20,84$ dan terendah pada stasiun Kondang Merak Barat, dengan nilai $4,39 \pm 2,39$. Hasil uji statistik persentase tutupan CCA pada 5 lokasi penelitian memiliki perbedaan yang signifikan ($P\text{-value}=0,000<0,05$).

Secara keseluruhan, persentase rata-rata tutupan CCA pada substrat kolektor palimanan (PL) cenderung lebih tinggi daripada substrat kolektor marmo (MM) (Gambar 23). Berdasarkan hasil uji statistik, terdapat perbedaan persentase tutupan CCA yang signifikan antara kedua jenis substrat kolektor pada periode *long-time immersion* ($P\text{-value}=0,036<0,05$). Seperti yang disajikan pada Gambar 23, penempelan CCA terdapat pada semua bagian sisi substrat kolektor yaitu sisi atas, bawah, dan samping. Dominasi tutupan CCA terdapat pada sisi samping atau C pada substrat kolektor marmo maupun palimanan.



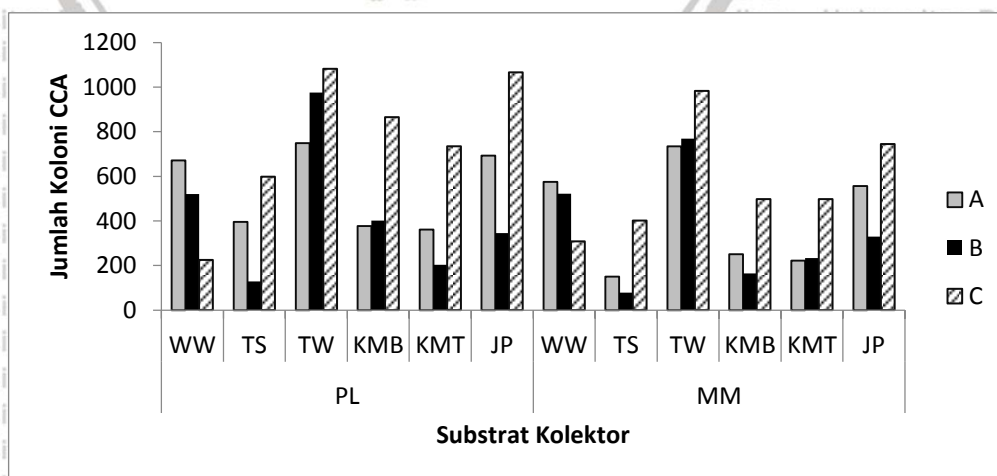
Gambar 23. Persentaseutupan CCA pada semua stasiun selama 6 bulan berdasarkan luasan area tentatif. CCA ditemukan menempel pada sisi atas (A), bawah (B), dan samping (C).

4.1.4 Perbandingan Jumlah Koloni CCA

4.1.4.1 Short-term immersion

Diketahui jumlah keseluruhan koloni CCA yang menempel pada substrat kolektor (Tabel 6) marmo dan palimanan selama 3 bulan yaitu sebanyak 18.409 koloni. Jumlah koloni CCA tertinggi terdapat pada stasiun Tiga Warna yaitu sebesar 5.291 koloni dan terendah terdapat pada stasiun Teluk Semut yaitu sebesar 1.753 koloni. Berdasarkan hasil uji statistik, perbandingan jumlah koloni CCA pada keenam lokasi penelitian memiliki perbedaan yang signifikan ($P\text{-value}=0,000<0,05$).

Berdasarkan perbedaan jenis substrat kolektor, jumlah koloni CCA keseluruhan pada substrat palimanan lebih tinggi dibandingkan dengan substrat marmo. Setelah dilakukan uji statistik, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan jumlah koloni yang signifikan antara kedua jenis substrat kolektor pada periode *short-time immersion* ($P\text{-value}= 0,001<0,05$). Koloni CCA diketahui menempel pada seluruh bagian substrat kolektor (Gambar 24).

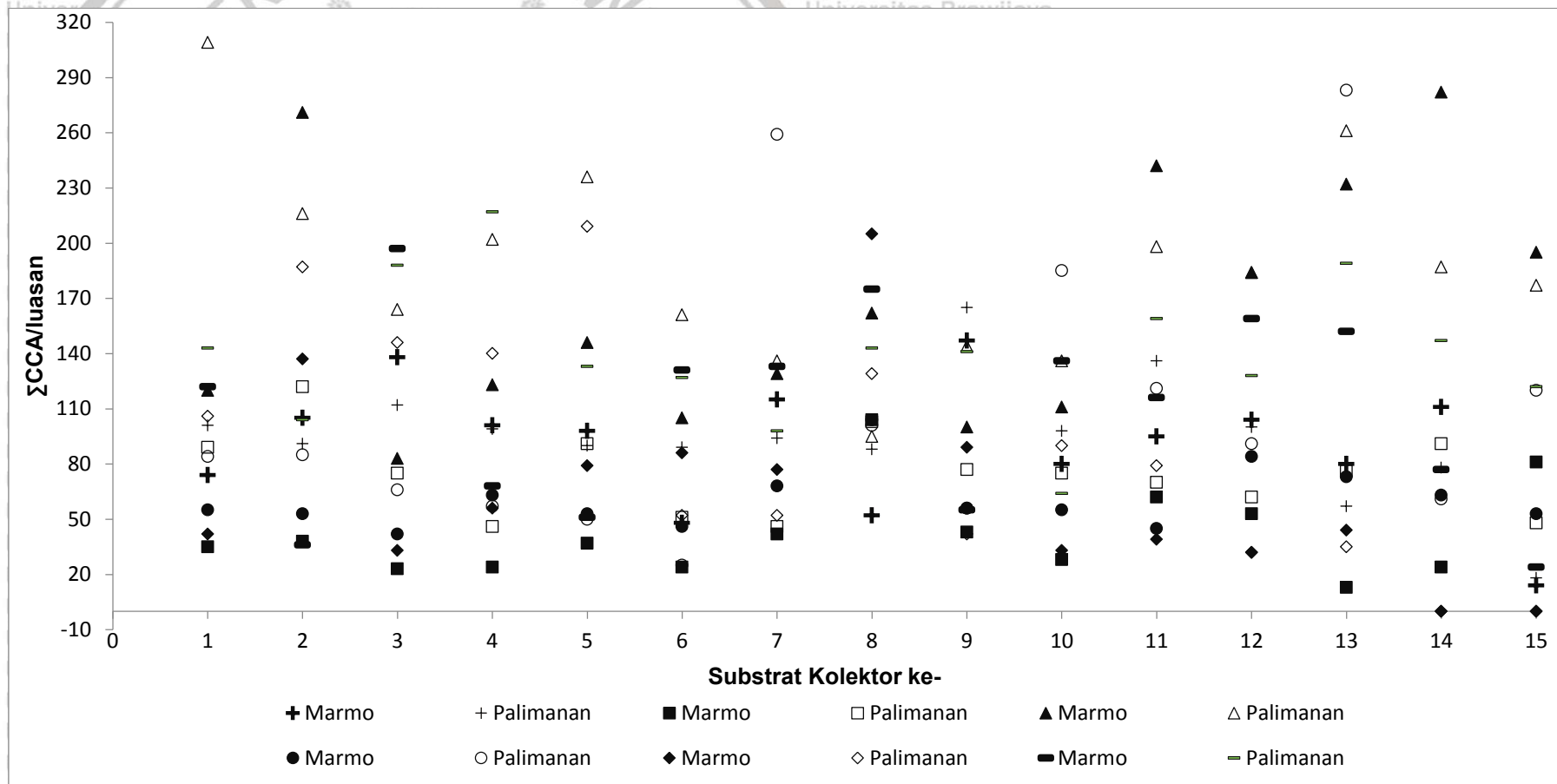


Gambar 24. Jumlah koloni CCA yang menempel pada seluruh substrat kolektor selama periode 3 bulan.

Tabel 6. Jumlah koloni CCA pada *short-time immersion tiles*.

Stasiun	Palimanan	Marmo	Total keseluruhan
Waru-Waru	1.417	1.405	2.882
Teluk Semut	1.122	631	1.753
Tiga Warna	2.806	2.485	5.291
Kondang Merak Barat	1.644	913	2.557
Kondang Merak Timur	1.299	952	2.251
JPTS	2.103	1.632	3.735
Total	10.391	8.018	18.409





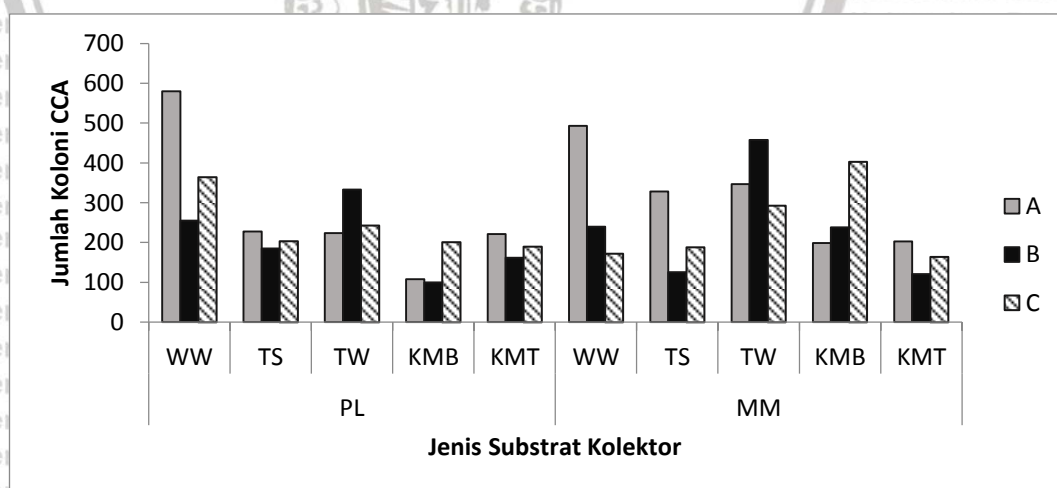
Gambar 25. Jumlah koloni CCA yang melekat pada substrat kolektor selama 3 bulan peletakkan. Secara berurutan, simbol menunjukkan stasiun 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. (Waru-war, Teluk Semut, Tiga Warna, Kondang Merak Barat, Kondang Merak Timur, dan JPTS).

4.1.4.2 Long-term immersion

Jumlah keseluruhan koloni CCA yang menempel pada substrat kolektor marmo dan palimanan selama 6 bulan (Tabel 7) yaitu sebanyak 7.571 koloni.

Jumlah koloni terbanyak terdapat pada stasiun Waru-waruu yaitu sebanyak 2.104 koloni dan jumlah koloni terendah terdapat pada stasiun Kondang Merak Timur yaitu sebanyak 1.061 koloni. Pada periode waktu ini tersisa 5 pasang substrat kolektor di stasiun KMB, dan 10 buah substrat kolektor pada stasiun KMT, sedangkan stasiun JPTS, semua substrat kolektor hilang. Selain itu jumlah koloni CCA pada kelima lokasi penelitian memiliki perbedaan yang signifikan berdasarkan hasil uji statistik ($P\text{-value}=0.005<0,05$).

Berbeda halnya dengan periode *short-time immersion*, jumlah koloni yang menempel pada substrat marmo diketahui sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan substrat palimanan. Berdasarkan hasil uji statistik, tidak terdapat perbedaan jumlah koloni yang signifikan antara kedua jenis substrat kolektor pada periode waktu ini ($P\text{-value}= 0,979<0,05$).

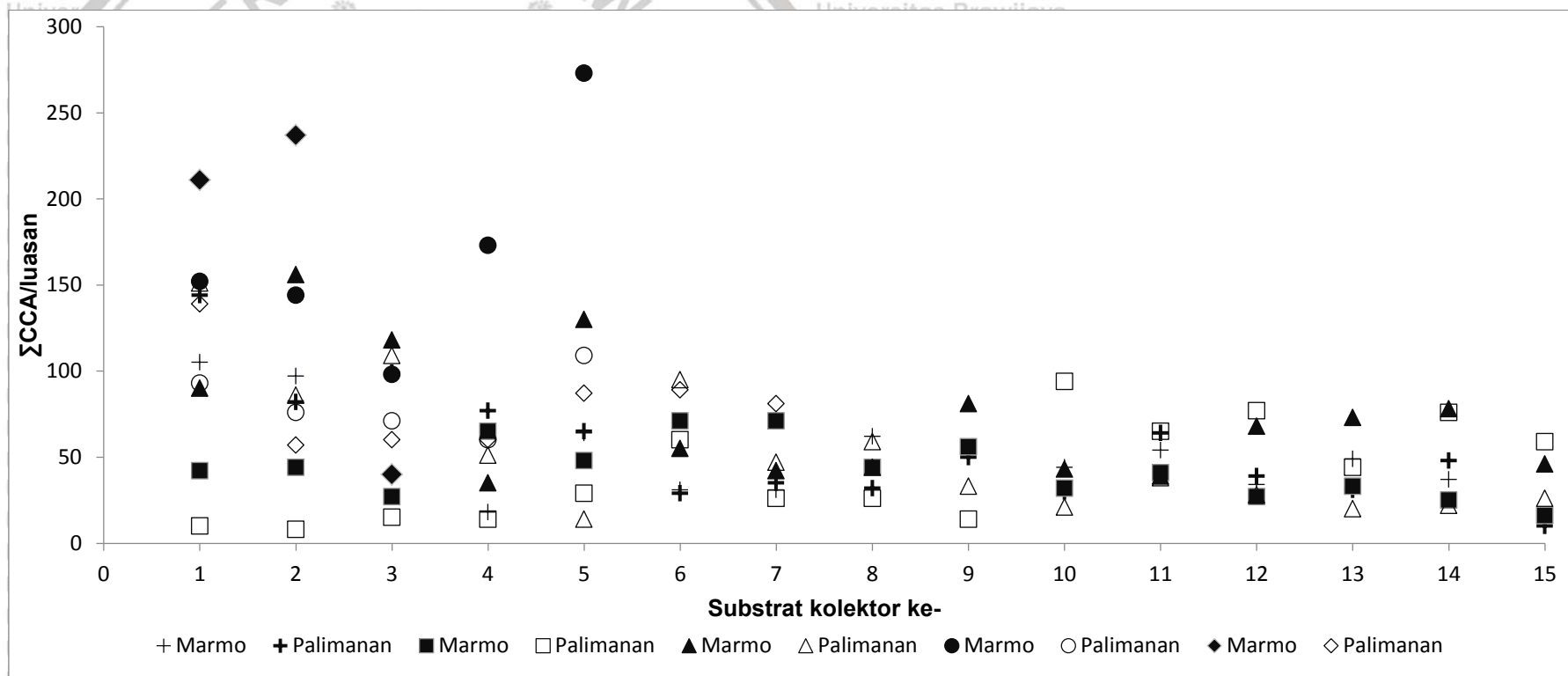


Gambar 26. Jumlah koloni CCA yang menempel pada seluruh substrat kolektor selama periode 6 bulan.

Tabel 7. Jumlah koloni CCA pada *long-time immersion tiles*.

Stasiun	Palimanan	Marmo	Total keseluruhan
Waru-Waru	1.199	905	2.104
Teluk Semut	617	642	1.259
Tiga Warna	800	1098	1.898
Kondang Merak Barat	409	840	1.249
Kondang Merak Timur	573	488	1.061
Total	3.598	3.973	7.571

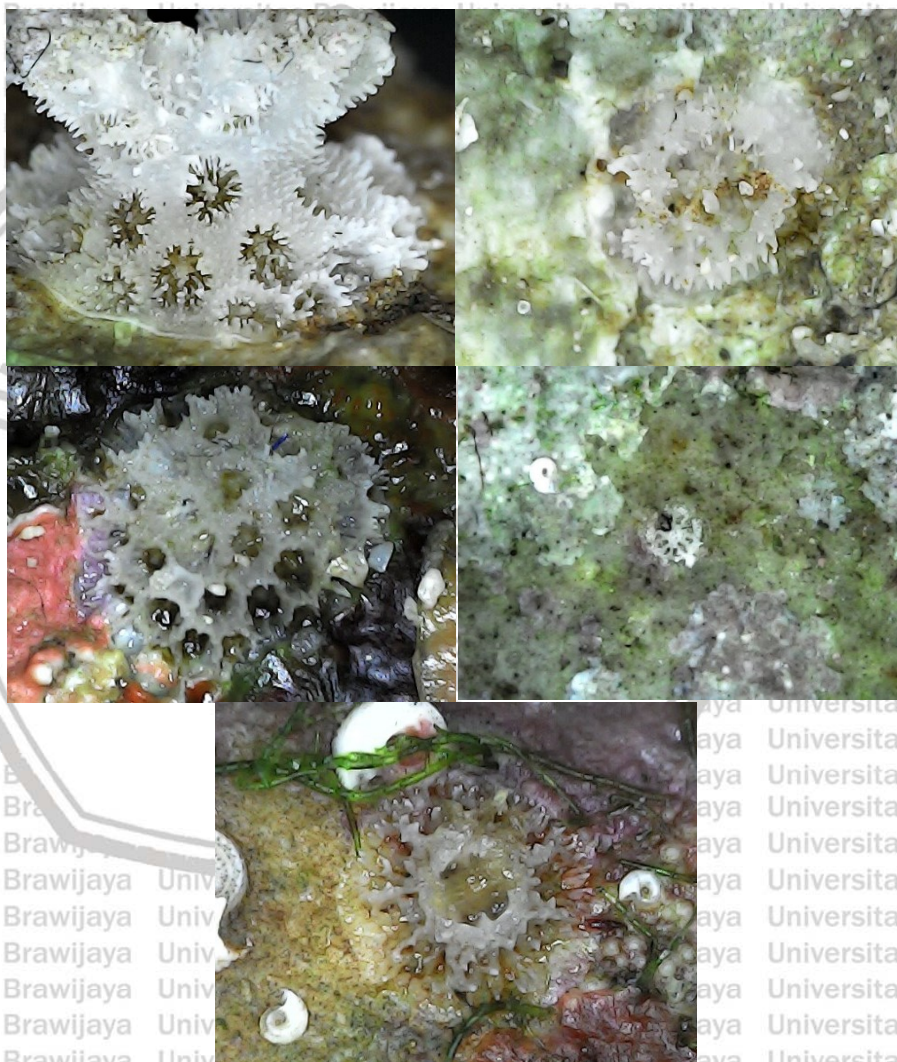




Gambar 27. Jumlah koloni CCA pada substrat kolektor selama 6 bulan peletakkan. Secara berurutan, simbol menunjukkan stasiun 1, 2, 3, 4, dan 5. (Waru-war, Teluk Semut, Tiga Warna, Kondang Merak Barat, Kondang Merak Timur)

4.1.5 Hubungan CCA Terhadap Jumlah Rekrutmen Karang

Berdasarkan hasil *long-immersion tiles*, ditemukan sebanyak total 61 karang rekrut pada kelima lokasi penelitian dan melekat pada 22 jenis substrat kolektor marmo maupun palimanan (Tabel 8). Hasil dokumentasi rekrutmen karang yang berhasil diamati menggunakan mikroskop USB disajikan pada Gambar 28.



Sumber: Dokumentasi Pribadi (2020)

Gambar 28. Hasil rekrutmen karang pada lokasi penelitian yang berbeda

Tabel 8. Tabelutupan CCA dan jumlah karang rekrut yang menempel

No	Lokasi	Persentase Tutupan CCA	Rekrutmen Karang
1	WW	38.25067	8
2	WW	40.36917	5
3	WW	51.96083	2
4	WW	38.72917	3
5	WW	18.84833	7
6	WW	51.69133	4
7	WW	34.54933	3
8	WW	26.92767	1
9	WW	48.92917	1
10	WW	40.72633	4
11	WW	37.34683	1
12	WW	60.84167	1
13	TS	11.78433	2
14	TS	35.8905	9
15	TS	4.088167	1
16	TW	25.70733	1
17	TW	26.12717	1
18	TW	26.9195	2
19	TW	32.4645	2
20	TW	59.52533	1
21	KMB	36.9835	1
22	KMT	10.7945	1

Correlations			
		Persentase_ Tutupan_CCA	Jumlah_Karang
Persentase_Tutupan_CC A	Pearson Correlation	1	.039
	Sig. (2-tailed)		.864
	N	22	22
Jumlah_Karang	Pearson Correlation	.039	1
	Sig. (2-tailed)	.864	
	N	22	22

Gambar 29. Perhitungan korelasi menggunakan SPSS

Berdasarkan hasil uji statistik antara persentase tutupan CCA dan jumlah karang rekrut, didapatkan nilai korelasi 0,039 yang termasuk dalam korelasi yang sangat lemah. Arah hubungan antara kedua variabel merupakan positif, jika jumlah persentase CCA bertambah maka jumlah karang rekrut bertambah pula.

Nilai p -value $0,864 > 0,05$ yang berarti terima H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa korelasi antar kedua variabel tidak signifikan.

4.1.6 Pengukuran Kondisi-Fisika Kimia Oseanografi

Berikut ini adalah hasil pengukuran kondisi fisika-kimia oseanografi dalam kedua periode waktu pada lokasi penelitian yang berbeda.

Tabel 9. Pengukuran Kondisi-Fisika Kimia Oseanografi 3 bulan

No.	Stasiun	Arus (m/s)	pH	DO (mg/L)	Suhu ($^{\circ}$ C)	Laju Sedimentasi (mg/cm ² /hari)
1	Tiga Warna	$0,27 \pm 0,07$	$7,90 \pm 0,00$	$7,71 \pm 0,02$	$24,47 \pm 0,07$	$106,68 \pm 6,66$
2	Waru-war	$0,27 \pm 0,07$	$7,77 \pm 0,03$	$6,92 \pm 0,02$	$24,20 \pm 0,21$	$6,60 \pm 0,37$
3	Teluk Semut	$0,13 \pm 0,03$	$7,77 \pm 0,03$	$6,40 \pm 0,15$	$24,73 \pm 0,54$	$5,78 \pm 0,90$
4	JPTS	$0,23 \pm 0,03$	$7,90 \pm 0,06$	$7,30 \pm 0,06$	$25,97 \pm 0,07$	$21,14 \pm 10,3$
5	Kondang Merak	$0,13 \pm 0,03$	$7,43 \pm 0,03$	$6,32 \pm 0,06$	$26,70 \pm 0,59$	$82,08 \pm 8,85$

Hasil pengukuran kondisi fisika-oseanografi pada pengambilan data selama 3 bulan didapatkan hasil yaitu pengukuran kecepatan arus tertinggi pada stasiun Tiga Warna dan Waru-war sebesar $0,27 \pm 0,07$ m/s dan terendah pada stasiun Teluk Semut dan Kondang Merak sebesar $0,13 \pm 0,03$ m/s. Pengukuran pH tertinggi terdapat pada stasiun Tiga Warna dan JPTS yaitu sebesar $7,9 \pm 0,00$ dan terendah pada stasiun Kondang Merak yaitu sebesar $7,43 \pm 0,03$. Pengukuran DO tertinggi pada stasiun Tiga Warna yaitu sebesar $7,71 \pm 0,02$ mg/L dan terendah pada stasiun Kondang Merak yaitu sebesar $6,32 \pm 0,06$ mg/L. Pengukuran suhu tertinggi pada stasiun Kondang Merak yaitu sebesar $26,70 \pm 0,59^{\circ}$ C dan terendah pada stasiun Waru-war yaitu $24,20 \pm 0,21^{\circ}$ C. Laju sedimentasi tertinggi pada stasiun Tiga Warna yaitu sebesar $106,68 \pm 6,66$ mg/cm²/hari dan terendah pada Teluk Semut sebesar $5,78 \pm 0,90$ mg/cm²/hari.

Tabel 10. Pengukuran Kondisi-Fisika Kimia Oseanografi 6 bulan

No.	Stasiun	Arus (m/s)	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	Laju Sedimentasi (mg/cm ² /hari)
1	Tiga Warna	0,4 ± 0,00	8,63±0,09	7,69±0,09	29,67±0,07	101,10±8,95
2	Waru-war	0,27±0,03	8,07±0,03	7,41±0,05	25,83±0,37	14,40±6,23
3	Teluk Semut	0,17±0,03	8,23±0,03	6,7±0,05	25,83±0,09	-
4	JPTS	0,27±0,03	8,27±0,03	7,31±0,05	27,97±0,07	-
5	Kondang Merak	0,1±0,00	7,73±0,07	6,4±0,05	27,27±0,24	-

Hasil pengukuran kondisi fisika-oseanografi pada pengambilan data selama 6 bulan didapatkan hasil yaitu pengukuran kecepatan arus tertinggi pada stasiun Tiga Warna sebesar 0,4 ± 0,00 m/s dan terendah pada stasiun Kondang Merak yaitu sebesar 0,1 ± 0,00 m/s. Pengukuran pH tertinggi terdapat pada stasiun Tiga Warna dan JPTS yaitu sebesar 8,63 ± 0,09 dan terendah pada stasiun Kondang Merak yaitu sebesar 7,73 ± 0,07. Pengukuran DO tertinggi pada stasiun Tiga Warna 7,69 ± 0,09 mg/L dan terendah pada stasiun Kondang Merak yaitu sebesar 6,40 ± 0,01 mg/L. Pengukuran suhu tertinggi pada stasiun Tiga Warna yaitu sebesar 29,67 ± 0,07 °C dan terendah pada stasiun Waru-war dan Teluk Semut yaitu 25,83 ± 0,37 °C dan 25,83 ± 0,09 °C. Sebanyak 3 perangkap sedimen pada *long-time immersion* hilang pada saat pengambilan, diduga karena terbawa arus. Laju sedimentasi tertinggi pada stasiun Tiga Warna yaitu sebesar 101,10 ± 8,95 mg/cm²/hari dan terendah pada Waru-war sebesar 14,40 ± 6,23 mg/cm²/hari.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Bentuk Pertumbuhan CCA

Alga koralin non-genikulat seperti CCA, tumbuh relatif lambat (McCoy & Kamenos, 2015). Variasi morfologi eksternal yang diamati pada CCA dapat mencerminkan kondisi lingkungan sekitarnya. Contohnya, *thallus* yang menonjol

dapat dihasilkan dari adaptasi terhadap tingkat paparan energi gelombang, seperti pada bentuk *lumpy* (Bôas *et al.*, 2005). Adapun morfologi dari *thallus* CCA seperti ketebalan menunjukkan hasil persaingan dalam penempatan ruang. Dalam analisis interaksi kompetitif, hal ini menunjukkan CCA dengan kerak tebal umumnya menutupi CCA dengan kerak tipis (Mariath *et al.*, 2013). CCA dengan kerak tipis menempati substrat lebih awal (*early colonizer*) sedangkan kerak yang tebal sebaliknya (Amado-Filho *et al.*, 2018).

Encrusting merupakan bentuk pertumbuhan yang menggambarkan sebagian besar menempel, berkerak, dan pipih, serta tanpa tonjolan maupun cabang. Individu *encrusting* memiliki bentuk *thallus* yang seringkali dipengaruhi oleh sifat substrat. Contoh apabila menempel pada bebatuan, cangkang moluska, daun lamun umumnya memiliki luasan pipih/ datar, sedangkan apabila menempel pada alga dengan diameter cabang yang kecil, maka ia akan mengikuti kontur inangnya (Harvey, 2005; Woelkerling & Harvey, 1993). Dalam jaringan bentuk pertumbuhan, *encrusting* biasanya berhubungan dengan bentuk pertumbuhan *warty*, *lumpy*, *discoïd*, *layered*, dan *foliose*. Contoh spesies yang memiliki bentuk pertumbuhan *encrusting* adalah *Lithophyllum stictaeforme* dan *Heydrichia homalopasta* (Harvey, 2005).

Encrusting to layered merupakan gabungan dari bentuk *encrusting* dan *layer*. Pada gabungan bentuk ini, terdapat lapisan yang saling menumpuk meskipun tidak terlalu terlihat bertingkat. Bentuk pertumbuhan *encrusting to layered* dapat dijumpai pada spesies *Synarthrophyton patena*, *Synarthrophyton schiellianum* dan *Mesophyllum macroblastum* (Harvey, 2005). *Encrusting to lumpy* memiliki bentuk mengerak dengan tonjolan yang menggumpal dan padat, serta berdekatan satu sama lain. Morfotipe ini terbatas pada daerah terumbu yang dangkal dan terpapar cahaya matahari serta dijumpai tumbuh di atas karang maupun spesies CCA lainnya. Contoh spesies yang memiliki bentuk

pertumbuhan *encrusting to lumpy* adalah *Hydrolithon boergesenii* dan *Porolithon onkodes* (Amado-Filho *et al.*, 2018).

4.2.2 Kondisi Fisika-Kimia Oseanografi

Pengukuran fisika-kimia oseanografi dilakukan pada kelima stasiun penelitian dan pada 2 kurun waktu yang berbeda yaitu *short-time immersion* dan *long-time immersion*. Hasil pengukuran suhu berkisar antara 24,20°C – 29,67°C, dengan nilai suhu terendah terdapat pada stasiun Waru-waru dan tertinggi pada JPTS. Pengaruh suhu yang tinggi terhadap produksi utama CCA masih sulit untuk diprediksi dan bergantung pada spesies yang diteliti. Beberapa spesies tidak menunjukkan respon, ada yang mengubah kerangka kimia (konsentrasi dolomit), terganggunya proses reproduksi, maupun menurunnya kepadatan kerangka (Teichert *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian sebelumnya, suhu tinggi diketahui memberikan dampak negatif terhadap CCA yaitu menurunkan laju respirasi dan kalsifikasi (Vásquez-elizondo & Enríquez, 2016). CCA pada stasiun Tiga Warna memiliki peluang penurunan aktifitas kalsifikasi akibat suhu yang tinggi dan hampir mencapai 30°C.

Secara keseluruhan hasil pengukuran pH berkisar antara 7,43 – 8,63, dengan keseluruhan pH tertinggi pada stasiun Tiga Warna dan pH terendah berada di Kondang Merak. CCA sangat rentan terhadap pengasaman laut dimana terjadi penurunan pH serta kenaikan konsentrasi CO₂. Sebuah penelitian laboratorium menyatakan bahwa penurunan pH dari 8,0 ke 7,8 diketahui mengurangi sebanyak 43% hingga 85% tutupan CCA (K. E. Fabricius *et al.*, 2015). Adapun kinerja fotosintesis menurun dan kalsifikasi terganggu pada pH yang lebih rendah (Rindi *et al.*, 2019), dampak ini bisa semakin parah bila dikombinasikan dengan pemanasan laut. Stasiun Kondang Merak memiliki nilai pH yang paling rendah yaitu berkisar 7,43 hingga 7,73. CCA pada stasiun ini

memiliki peluang terganggunya aktifitas fisiologi yang mengakibatkan menurunnya persentaseutupan CCA di perairan.

Secara keseluruhan, laju sedimentasi tertinggi terdapat pada stasiun Tiga Warna dikarenakan stasiun ini, sedangkan terendah pada stasiun Teluk Semut.

Hasil pengukuran laju sedimentasi berkisar antara $5,78 \pm 0,90$ – $106,68 \pm 6,66$ mg/cm²/hari, dimana kisaran ini memiliki selisih yang cukup besar pada kelima

lokasi. Sedimentasi membatasi masuknya cahaya sehingga menghambat fotosintesis dan pertukaran gas, akibatnya CCA cenderung tidak memenuhi dua

peran fungsional utama mereka di terumbu karang (substrat kalsifikasi dan

tempat rekrutmen untuk organisme lain) saat terkubur di bawah sedimen (K.

Fabricius & De'ath, 2001; Tâmega & Figueiredo, 2019). Stasiun Tiga Warna

memiliki laju sedimentasi yang paling tinggi dibandingkan stasiun lainnya.

Meskipun CCA diketahui mampu bertahan dalam beberapa waktu ketika terkubur

oleh sedimen, lama kelamaan sedimen tersebut akan menciptakan area anoksik

diatas lapisan epitel sehingga dapat menurunkan aktifitas fisiologi CCA dan

menimbulkan kematian (Tâmega & Figueiredo, 2019).

4.2.3 Perbandingan Persentase Tutupan CCA

Perbandingan pada *short-time immersion tiles* dan *long-time immersion*

tiles, didapatkan hasil tutupan CCA pada substrat palimanan cenderung lebih

tinggi daripada substrat marmo. Hasil uji statistik menunjukkan terdapat

perbedaan yang signifikan antara kedua jenis substrat kolektor yang digunakan.

Substrat marmo memiliki permukaan yang lebih halus dan terbuat dari CaCO₃,

sedangkan palimanan memiliki permukaan yang lebih kasar dan terbuat dari

SiO₂. Masih sedikit penelitian terkait pengaruh perbedaan material terhadap

rekrutmen CCA, karena biasanya difokuskan pada rekrutmen karang. Namun

penelitian yang dilakukan oleh (Kennedy *et al.*, 2017), membandingkan

rekrutmen dan pertumbuhan CCA pada 6 jenis material yang berbeda yaitu PVC, polikarbonat, tanah liat, batu kapur, kaca dan porselen di perairan Great Barrier Reef. Hasil dari perbandingan tersebut menyatakan bahwa perbedaan bahan substrat kolektor lebih memengaruhi susunan komunitas dan tingkat kalsifikasi dibandingkan dengan persentase tutupan CCA.

Persentase tutupan CCA tertinggi terdapat pada sisi samping, diikuti oleh bagian atas (A), dalam penelitian ini diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pencahayaan, orientasi substrat kolektor serta perhitungan persentase tutupan CCA. Bagian permukaan atas menerima cahaya lebih banyak sehingga mempengaruhi pertumbuhan CCA, dan penting untuk fotosintesis serta kalsifikasi (Martin *et al.*, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Vásquez-Elizondo & Enríquez (2017), menyebutkan bahwa pencahayaan merupakan satu-satunya faktor yang secara signifikan mempengaruhi kalsifikasi *Hydrolithon reinboldii* serta menunjukkan bahwa kalsifikasi *Lithophyllum cabiochae* berbanding lurus dengan laju fotosintesis.

Semua substrat kolektor diletakkan secara horizontal dalam penelitian ini. CCA yang tumbuh pada media horizontal, diduga lebih tahan terhadap gaya fisik salah satunya aktivitas *grazing*. Aktivitas *grazing* oleh herbivor (landak laut, mollusca, chiton) berpengaruh positif pada tutupan CCA, karena membantu memangsa epifit yang merupakan kompetitor dari CCA (Kennedy *et al.*, 2017; Littler & Littler, 2012; Wai & Williams, 2006). Diketahui turunnya angka herbivor menurunkan kelimpahan CCA dan naiknya angka turf serta makroalga yang bisa mendominasi (Barott *et al.*, 2012). Adapun sisi samping susbtat kolektor memiliki persentase tutupan tertinggi juga disebabkan oleh perhitungan matematika dimana luasannya hanya 10 cm² dibandingkan sisi atas dan bawah yang memiliki luasan 100 cm², dimana semakin kecil pembagi maka semakin besar hasil perhitungan yang didapat.

4.2.4 Perbandingan Jumlah Koloni CCA

Setelah peletakkan substrat kolektor selama 3 bulan dan 6 bulan, didapatkan hasil total CCA sebanyak 18.409 dan 7.571 koloni. Jumlah koloni pada *long-immersion time* menurun diakibatkan seluruh substrat kolektor pada stasiun JPTS hilang. Dalam penelitian ini, istilah satu koloni CCA yaitu yang menempati ruang kosong pada substrat dan tumbuh secara lateral membentuk seperti piringan (*disk*) yang terpisah dengan yang lainnya. Selain itu apabila ditemukan pertumbuhan CCA yang saling tumpang tindih dan menutupi seluruh permukaan substrat kolektor, maka dihitung sebagai satu koloni.

CCA dengan kerak tebal dan tipis ditemukan menempel pada bagian substrat kolektor di seluruh stasiun penelitian. Hasil rekrutmen pada *short-time immersion* cenderung didominasi oleh CCA dengan *thallus* tipis, sedangkan pada *long-time immersion* ditemukan CCA dengan *thallus* tebal khususnya di stasiun Tiga Warna, Teluk Semut dan Waru-war. Dalam analisis interaksi kompetitif, fitur morfologi dari *thallus* alga seperti ketebalan menunjukkan adanya persaingan dalam ruang rekrutmen, dimana biasanya CCA yang tebal umumnya menutupi CCA yang lebih tipis. Perbedaan lama waktu perendaman substrat kolektor juga diduga mempengaruhi kolonisasi CCA, contohnya *Pneophyllum conicum* dengan *thallus* tipis mendominasi setelah hari ke-14, sedangkan *Porolithon pachydermum* dan *Peyssonnelia* sp dengan *thallus* tebal ditemukan setelah hari ke-112 (Mariath *et al.*, 2013).

Secara keseluruhan periode waktu (*short-time immersion* dan *long time immersion*), stasiun Waru-war dan Tiga Warna memiliki jumlah koloni CCA terbanyak, dimana keberhasilan rekrutmen CCA dipengaruhi berbagai faktor seperti bahan substrat kolektor dan kompleksitas permukaan, posisi, ukuran, metode pemasangan, penempatan di dalam ekosistem terumbu karang dan

durasi peletakkan (Kennedy *et al.*, 2017). Adapun keberhasilan rekrutmen CCA pada kedua stasiun tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Stasiun Tiga Warna dan Waru-waruu memiliki kecepatan arus yang tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Arus diduga membantu penyebaran spora CCA pada perairan, sedangkan CCA telah diketahui memiliki spora apung negatif dan non-motil, yang biasanya menunjukkan jarak penyebaran pendek per generasi (Cornwall *et al.*, 2019).

4.2.5 Hubungan Persentase Tutupan CCA Dengan Jumlah Karang Rekrut

Berdasarkan keseluruhan substrat kolektor pada periode *long-immersion* (6 bulan), 22 buah diantaranya ditumbuhi oleh karang rekrut dengan total 61 planula. Rekrutmen karang terbanyak dijumpai pada stasiun Waru-waruu sebanyak 40 planula dimana stasiun ini memiliki persentase CCA tertinggi secara keseluruhan apabila dibandingkan dengan stasiun lainnya. Adapun jumlah rekrutmen karang terendah berada pada stasiun Kondang Merak Barat dan Kondang Merak Timur, masing-masing berjumlah 1 planula karang. Jumlah rekrutmen dipengaruhi pula oleh lamanya waktu peletakkan substrat kolektor dalam perairan, dimana semakin lama waktu peletakkan, kemungkinan jumlah rekrutmen dapat bertambah karena melalui fase reproduksi berulang-ulang. Masa reproduksi karang di Indonesia terbagi menjadi 3 waktu yaitu: (1) *spawning* sebelum musim hujan (Oktober-November); (2) *spawning* sewaktu atau sesudah musim hujan (Januari-April) dan (3) *spawning* sepanjang tahun dan/atau tidak dipengaruhi musim (Munasik, 2002).

Hasil statistika uji korelasi antara persentase tutupan karang dan jumlah karang rekrut termasuk dalam kategori lemah (nilai korelasi 0,039). Adapun arah hubungan bernilai positif yaitu semakin bertambah jumlah persentase tutupan CCA maka bertambah pula jumlah rekrutmen karang. Korelasi antara interaksi

CCA dan jumlah rekrutmen karang hasilnya bervariasi dan tergantung pada berbagai faktor biotik dan abiotik, termasuk spesies, tahap sejarah hidup, ukuran koloni, aktivitas herbivor, kompetisi dengan alga lainnya, nutrisi, sedimentasi dan cahaya (Jorissen *et al.*, 2020; Nugraha *et al.*, 2016). Keberhasilan rekrutmen karang pada stasiun Waru-waru diduga akibat adanya persentase tutupan CCA yang tinggi di lokasi tersebut. Adapun jumlah rekrutmen karang yang rendah seperti yang terjadi pada stasiun Kondang Merak, diduga karena berkompetisi dengan turf alga (Nugraha *et al.*, 2016) yang sekaligus merupakan kompetitor dari CCA (Barott *et al.*, 2012).

CCA diketahui memberikan petunjuk dalam proses rekrutmen karena memiliki senyawa kimia yang memberikan sinyal pada larva untuk melakukan penempelan. Selain itu CCA memiliki pertahanan *anti-fouling* yang menghambat perekrutan langsung ke permukaannya. Akibatnya, larva karang jarang ditemukan menetap secara langsung pada permukaan *thallus* CCA, tetapi seringkali menempel didekatnya saja (Jorissen *et al.*, 2020). Adapun komunitas bakteri tertentu yang ada pada permukaan CCA berperan dalam keberhasilan rekrutmen karang (Siboni *et al.*, 2020).

V. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Secara keseluruhan periode waktu, hasil persentaseutupan CCA pada kedua jenis substrat kolektor dalam memiliki perbedaan yang signifikan (*pvalue short-time immersion* $0,036 < 0,05$; *pvalue long-time immersion* $0,001 < 0,05$). Adapun jumlah koloni pada periode *short-time immersion* memiliki perbedaan yang signifikan (*pvalue* $0,001 < 0,05$), sedangkan pada *long-time immersion* tidak memiliki perbedaan yang signifikan (*pvalue* $0,979 < 0,05$).
2. Secara keseluruhan periode waktu, hasil persentaseutupan CCA pada lokasi penelitian yang berbeda memiliki perbedaan yang signifikan (*pvalue short-time immersion* $0,000 < 0,05$; *pvalue long-time immersion* $0,000 < 0,05$). Tren persentase CCA tertinggi berada pada stasiun Waru-waruk dan terendah pada Teluk Semut dan Kondang Merak Barat. Adapun jumlah koloni pada keseluruhan periode waktu berdasarkan lokasi penelitian yang berbeda, memiliki perbedaan yang signifikan (*pvalue short-time immersion* $0,000 < 0,05$; *pvalue long-time immersion* $0,005 < 0,05$). Tren jumlah koloni CCA tertinggi terdapat pada stasiun Waru-waruk dan Tiga Warna serta terendah pada Teluk Semut dan Kondang Merak Timur.
3. Berdasarkan hasil pengamatan pada *long-immersion tiles*, ditemukan sebanyak 61 karang rekrut pada 22 substrat kolektor yang diamati. Nilai korelasi yang didapat yaitu lemah ($0,039$). Adapun arah hubungan kedua

variabel ini positif, dimana bertambahnya CCA linier dengan jumlah karang rekrut.

6.2 Saran

Adapun saran yang perlu disampaikan oleh peneliti berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan antara lain:

1. Perlu dilakukan pengamatan lebih detail terkait jenis preferensi substrat yang disukai oleh CCA dalam proses rekrutmen, khususnya pada bahan dan jenis permukaannya. Sebaiknya jenisnya lebih dari 2 untuk melihat perbedaan antar material.
2. Perlu dilakukan pengamatan rekrutmen CCA terkait dengan orientasi/ sudut peletakkan substrat kolektor sebagai perbandingan hasil.
3. Mengingat bahwa tidak semua spesies CCA mampu memaksimalkan rekrutmen karang, maka identifikasi genus maupun spesies CCA perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya, karena belum ada data terkait di Malang Selatan.
4. Monitoring biota asosiasi dengan CCA perlu dilakukan untuk mengetahui alasan keberhasilan/ kegagalan rekrutmen CCA. Contohnya seperti chiton, limpet, landak laut maupun alga lainnya.
5. Pembuatan desain peletakkan substrat kolektor perlu dikaji ulang, untuk meminimalisir hilangnya substrat kolektor di lokasi penelitian, selain itu agar lebih efektif dan efisien.
6. Pengamatan terkait hubungan CCA dan karang rekrut di Malang Selatan perlu diteliti ulang melalui prosedur lab, sebagai perbandingan hasil penelitian ini.
7. Tidak hanya tutupan, laju kalsifikasi CCA bisa dijadikan bahan pengamatan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, M. (2015). Karang Keras Rekrutmen (Scleractinia) Di Perairan Natuna , Provinsi Kepulauan Riau Recruitment Of Hard Coral (Scleractinia) In Natuna Waters , Riau Islands Province. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, **41**(2), 133–147.
- Adrianto, B., Hariyadi, & Rochadi, B. (2017). Analisa Laju Sedimentasi di Muara Sungai Karangsong , Kabupaten Indramayu The Rate of Sedimentation Analysis in Estuaries Karangsong , Indramayu District *) Program Studi Oseanografi , Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Pendahul. *JURNAL OSEANOGRAFI*, **6**, 10–21.
- Algaebase. (2021). *Algaebase*. <https://www.algaebase.org/>.
- Amado-Filho, G. M., Bahia, R. G., Mariath, R., Jesionek, M. B., Moura, R. L., Bastos, A. C., Pereira-Filho, G. H., & Francini-Filho, R. B. (2018). Spatial and temporal dynamics of the abundance of crustose calcareous algae on the southernmost coral reefs of the western atlantic (Abrolhos Bank, Brazil). *Algae*, **33**(1), 85–99.
- Arini, D. I. D. (2013). Potensi Terumbu Karang Indonesia; Tantangan dan Upaya Konservasinya. *Info Balai Penelitian Kehutanan*, **3**(2), 147–172.
- Arthana, I. W., Restu, I. W., & As-syakur, A. R. (2020). Analisis Perubahan Luasan dan Kerapatan Tajuk Mangrove di Kecamatan Borong Kabupaten Manggarai Timur. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, **6**(1), 43–50.
- Bachtiar, I. (2003). Reproduksi Seksual Karang Scleractinia: Telaah Pustaka. *Jurnal Biota*, **8**(3), 131 – 134.
- Barott, K. L., Williams, G. J., Vermeij, M. J. A., Harris, J., Smith, J. E., Rohwer, F. L., & Sandin, S. A. (2012). Natural history of coral-algae competition across a gradient of human activity in the Line Islands. *Marine Ecology Progress Series*, **460**, 1–12.
- Barus, B. S., Prartono, T., & Soedarma, D. (2018). Keterkaitan Sedimentasi Dengan Persen Tutupan Terumbu Karang Di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, **10**(1), 49–57.
- BKSDA Jawa Timur. (2021). *Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Timur*. <https://bbksdajati.org/>
- Bôas, A. B. V. Figueiredo, M. A. O., & Villaca, R. C. (2005). Colonization and growth of crustose coralline algae. *Brazilian Journal of Oceanography*, **53**(3/4), 147–156.
- Budiyono, W dan Candra, A. (2013). Kelimpahan Serta Predasi Acanthaster Planci Di Perairan Tanjung Kelayang Kabupaten Belitung. *Journal of Nutrition College*, **2**, 118–125.
- Chang, H. (2017). Sistem Pengukur Kecepatan Arus Air Menggunakan Current Meter Tipe “1210 AA.” **19**(1), 81–95.
- Coppari, M., Mestice, F., Betti, F., Bavestrello, G., Castellano, L., & Bo, M. (2019). Fragmentation, re-attachment ability and growth rate of the Mediterranean black coral *Antipathella subpinnata*. *Coral Reefs*, **38**(1).

- Coppari, Martina, Fumarola, L., Bramanti, L., Romans, P., Pillot, R., Bavestrello, G., & Bo, M. (2020). Unveiling asexual reproductive traits in black corals: polyp bail-out in *Antipathella subpinnata*. *Coral Reefs*, **39**(6), 1517–1523.
- Cornwall, C. E., Diaz-Pulido, G., & Comeau, S. (2019). Impacts of ocean warming on coralline algae: Knowledge gaps and key recommendations for future research. *Frontiers in Marine Science*, **6**(MAR), 1–10.
- Dedi, P., Zamani, N., & Arifin, T. (2016). Hubungan Parameter Lingkungan Terhadap Gangguan Kesehatan Karang Di Pulau Tunda – Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, **11**(2), 105.
- Elmer, F. (2017). *Factors affecting coral recruitment and calcium carbonate accretion rates on a Central Pacific coral reef*. November 2016, 250.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1998). Survey manual for tropical marine resources. Second edition. *Survey Manual for Tropical Marine Resources. Second Edition*.
- Enochs, I. C., & Glynn, P. W. (2017). *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific* (Vol. 8).
- Fabricius, K., & De'ath, G. (2001). Environmental factors associated with the spatial distribution of crustose coralline algae on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, **19**(4), 303–309.
- Fabricius, K. E., Kluibenschedl, A., Harrington, L., & Noonan, S. (2015). *coralline algae along carbon dioxide*. 1–7.
- Feldman, B., Shlesinger, T., & Loya, Y. (2018). Mesophotic coral-reef environments depress the reproduction of the coral *Paramontastraea peresi* in the Red Sea. *Coral Reefs*, **37**(1), 201–214.
- Fordyce, A. J., Camp, E. F., & Ainsworth, T. D. (2017). Polyp bailout in *Pocillopora damicornis* following thermal stress. *F1000Research*, **6**(May), 687.
- Gio, P. U., & rosmaini, elly. (2018). *Belajar Olah Data dengan SPSS, MINITAB, R, MICROSOFT EXCEL, EVIEWS, LISREL, AMOS, dan SMARTPLS*.
- Giyanto, Abrar, M., Hadi, T. A., Budiyo, A., Muhammad Hafizt, Salatalohy, A., & Iswari, M. Y. (2017). *Status Terumbu Karang Di Indonesia 2017*.
- Gleason, D. F., & Hofmann, D. K. (2011). Coral larvae: From gametes to recruits. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **408**(1–2), 42–57.
- Gómez-Lemos, L. A., Doropoulos, C., Bayraktarov, E., & Diaz-Pulido, G. (2018). Coralline algal metabolites induce settlement and mediate the inductive effect of epiphytic microbes on coral larvae. *Scientific Reports*, **8**(1), 1–11.
- Hadi, T. A., Giyanto, Prayudha, B., Hafizt, M., Budiyo, A., & Su. (2018). Status Terkini Terumbu Karang Indonesia 2018. In *Lipi* (Issue November). Puslit Oseanografi - LIPI.
- Hapsari, R. A., Pratiwi, M. E., Romadhon, R. P., Kisnarti, E. A., Oseanografi, J., & Teknik, F. (2017). Kondisi Terumbu Karang Di Perairan Situbondo. *September*, 55–63.
- Harrison, P., & Wallace, C. (1990). *A review of reproduction, larval dispersal and settlement of scleractinian corals*. Chapter 7 in *Ecosystems of the World 25 Coral Reefs* (ed REPRODUCTION, DISPERSAL AND

RECRUITMENT OF SCLERACTINIAN. July.

Harvey, A. (2005). *Coralline algae of central New Zealand An identification guide to common ' crustose ' species Coralline algae of central New Zealand*. 57.

Heyward, A. J., & Negri, A. P. (1999). Natural inducers for coral larval metamorphosis. *Coral Reefs*, **18**(3), 273–279.

Hidayah, Z., & Nuzula, I. (2019). *Pemetaan Sebaran Terumbu Karang Studi Kasus Selat Madura , Jawa Timur*. **22**(November), 127–134.

Jorissen, H., Baumgartner, C., Steneck, R. S., & Nugues, M. M. (2020). Contrasting effects of crustose coralline algae from exposed and subcryptic habitats on coral recruits. *Coral Reefs*, **39**(6), 1767–1778.

Kanela, N. W. G., Dirgayusa, I. P., & Karim, W. (2018). Preferensi Preferensi Pemangsaan *Drupella* sp. pada Jenis Karang yang Berbeda di Perairan Pemuteran, Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, **1**(1), 5.

Kelley, R. (2012). Coral Finder Indo Pasific. In *BYOGUIDES* (Vol. 2).

Kennedy, E. V., Ordoñez, A., Lewis, B. E., & Diaz-Pulido, G. (2017). Comparison of recruitment tile materials for monitoring coralline algae responses to a changing climate. *Marine Ecology Progress Series*, **569**(April), 129–144.

Kurniawan, C., Waluyo, T. B., & Perdamean Sebayang. (2011). Analisis Ukuran Partikel Menggunakan Free Software Image-J. *Seminar Nasional Fisika, Juli 2011*, 1–9.

Little, M. M., & Little, D. S. (2012). The Nature of Crustose Coralline Algae and Their Interactions on Reefs. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, *March*, 199–212.

Luthfi, Oktiyas M, P, A. S., N.F, R. . M., R, A. A., Sinaga, J. K., R.S, M. B., S, N. I., A, M. R., M.P, H. M., L, A. G., S, R. R., N, M. B., Naufal, A., & N, M. R. (2018). Pemantauan Kondisi Invertebrata Menggunakan Metode Reef Check, Di Perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, **10**(2), 129.

Luthfi, O. M. (2016). *Bentuk Pertumbuhan Karang Di Wilayah Rataan Terumbu (Reef Flat) Perairan Kondang Merak , Malang , Sebagai Strategi Adaptasi Terhadap Lingkungan*. February.

Luthfi, O. M. (2017). *Identifikasi Jenis Makro Alga Pada Mikro Atoll Karang Porites di Pantai Kondang Merak Malang Identifikasi Jenis Makroalga Pada Mikro Atoll Karang Porites di Pantai Kondang Merak , Kabupaten Malang*. January.

Luthfi, O. M., Jauhari, A., & Guntur. (2014). *Melihat status nilai konservasi terumbu karang dan ide pembuatan taman karang di Kawasan Lindung (Cagar Alam) Pulau Sempu , Malang Selatan*.

Luthfi, Oktiyas Muzaky, Rahmadita, V. L., & Setyohadi, D. (2018). Melihat Kondisi Kesetimbangan Ekologi Terumbu Karang di Pulau Sempu, Malang Menggunakan Pendekatan Luasan Koloni Karang Keras (Scleractinia). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, **16**(1), 1.

Mariath, R., Rodriguez, R. R., & Figueiredo, M. A. O. (2013). Succession of crustose coralline red algae (Rhodophyta) on coralgall reefs exposed to physical disturbance in the southwest Atlantic. *Helgoland Marine Research*,

- 67(4), 687–696.
- Martin, S., Charnoz, A., & Gattuso, J. P. (2013). Photosynthesis, respiration and calcification in the Mediterranean crustose coralline alga *Lithophyllum cabiochae* (Corallinales, Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, 48(2), 163–172.
- McCoy, S. J., & Kamenos, N. A. (2015). Coralline algae (Rhodophyta) in a changing world: integrating ecological, physiological, and geochemical responses to global change. *Journal of Phycology*, 51(1), 6024.
- Munasik. (2002). Reproduksi Seksual Karang di Indonesia: Suatu Kajian. *Konperensi Nasional III 2002 Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Dan Lautan Indonesia*, 3, 1–10.
- Munasik, Suharsono, Situmorang, & Kamiso. (2014). *Kepadatan dan Kelulushidupan pada Rekrutmen Karang Pocillopora damicornis*. 19(September), 171–180.
- Muzaky, O., Akbar, D., & S, M. S. F. (2019). Distribusi Ikan Terumbu Di Perairan Cagar Alam Pulau Sempu, Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan VIII*.
- Nozawa, Y., Tanaka, K., & Reimer, J. D. (2011). Reconsideration of the surface structure of settlement plates used in coral recruitment studies. *Zoological Studies*, 50(1), 53–60.
- Nugraha, D. A., Sartimbul, A., & Luthfi, O. M. (2016). Analisis Sebaran Karang di Perairan Kondang Merak, Malang Selatan. *Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan VI, August 2019*, 519–544.
- Pilly, A., & Wijayanti, D. P. (2013). Pengaruh Alga Koralin *Lithophyllum* Sp Terhadap Metamorfosis Dan Penempelan *Planula Acropora* spp. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(3), 12–20.
- Prihanto, A. A., Studi, P., Hasil, T., Brawijaya, U., & Tor, E. (2011). Penggunaan Software Image-J untuk Penghitungan dan Visualisasi 3D Tutupan Bio film *Vibrio Cholerae* El Tor pada Kondisi Tumbuh Berbeda. *Rekayasa*, 4(2).
- Prima, C. De, Muskananfolo, M. R., Studi, P., Sumberdaya, M., Perikanan, J., & Diponegoro, U. (2016). *Analisis Sebaran Spasial Kualitas Perairan Teluk Jakarta*. 5, 51–60.
- Quere, G. (2015). *Disease specific bacterial communities in a coralline algae of the northwestern Mediterranean Sea: a combined culture dependent and-independent approach*. University of Bremen.
- Rahman, A., Haris, A., Ilmu, F., & Hasanuddin, U. (2014). *Pola Rekrutmen Karang Scleractinia Pada Kondisi Lingkungan Berbeda*. 14(3), 209–219.
- Richmond, R. H., & Hunter, C. L. (1990). Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 60, 185–203.
- Rindi, F., Braga, J. C., Martin, S., Peña, V., Le Gall, L., Caragnano, A., & Aguirre, J. (2019). Coralline Algae in a Changing Mediterranean Sea: How Can We Predict Their Future, if We Do Not Know Their Present? *Frontiers in Marine Science*, 6(November).
- Ritson-Williams, R., Arnold, S., Fogarty, N., Steneck, R. S., Vermeij, M., & Paul,

- V. J. (2009). New perspectives on ecological mechanisms affecting coral recruitment on reefs. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, **38**, 437–457.
- Salim, D., Yuliyanto, Y., & Baharuddin, B. (2017). Karakteristik Parameter Oseanografi Fisika-Kimia Perairan Pulau Kerumputan Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*, **2**(2), 218–228.
- Sawiya, & Muqsith, A. (2015). Persentase Tutupan Karang Di Perairan Mamburit Dan Perairan Sapapan Kabupaten Sumenep Provinsi Jawa Timur. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, **6**(2), 143–150.
- Siboni, N., Abrego, D., Puill-Stephan, E., King, W. L., Bourne, D. G., Raina, J. B., Seymour, J. R., & Harder, T. (2020). Crustose coralline algae that promote coral larval settlement harbor distinct surface bacterial communities. *Coral Reefs*, **39**(6), 1703–1713.
- Tâmega, F. T. S., & Figueiredo, M. A. O. (2019). Colonization, growth and productivity of crustose coralline algae in sunlit reefs in the Atlantic southernmost coral reef. *Frontiers in Marine Science*, **6**(FEB), 1–11.
- Tampanguma, B., Gerung, G., Sondak, C., Wagey, B., Manembu, I., & Kondoy, K. (2017). Identifikasi jenis alga Koralin di pulau Salawati, Waigeo Barat kepulauan Raja Ampat dan pantai Malalayang kota Manado. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, **5**(1), 9.
- Teichert, S., Steinbauer, M., & Kiessling, W. (2020). OPEN A possible link between coral reef success , crustose coralline algae and the evolution of herbivory. *Scientific Reports*, 1–12.
- Tuhumena, J. R., Kusen, J. D., & Paruntu, C. P. (2013). Struktur Komunitas Karang dan Biota Asosiasi pada Kawasan Terumbu Karang di Perairan Desa Minanga Kecamatan Malalayang II dan Desa Mokupa Kecamatan Tombariri. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, **1**(3), 6.
- Vásquez-elizondo, R. M., & Enríquez, S. (2016). Coralline algal physiology is more adversely affected by elevated temperature than reduced pH. *Nature Publishing Group, January*, 1–14.
- Vásquez-Elizondo, R. M., & Enríquez, S. (2017). Light absorption in coralline algae (Rhodophyta): A morphological and functional approach to understanding species distribution in a coral reef lagoon. *Frontiers in Marine Science*, **4**(SEP), 1–17.
- Wai, T. C., & Williams, G. A. (2006). Effect of grazing on coralline algae in seasonal, tropical, low-shore rock pools: Spatio-temporal variation in settlement and persistence. *Marine Ecology Progress Series*, **326**(November 2006), 99–113.
- Wibawa, I. G. N. A., & Luthfi, O. M. (2017). Water Quality of Coral Reef Ecosystem At Sempu Strait, Sendang Biru Malang. *Jurnal Segara*, **13**(1), 25–35.
- Wiyanto, D. B. (2016). *Coral Reef Coverage Percentage on Binor Paiton- Probolinggo Seashore*. **2**, 6–10.
- Woelkerling, W. J., & Harvey, A. (1993). *Growth-forms in Non-geniculate Coralline Red Algae (Coralliinales , Rhodophyta) Growth-forms in Non-geniculate Coralline Red Algae (Coralliinales , Rhodophyta)*. January.

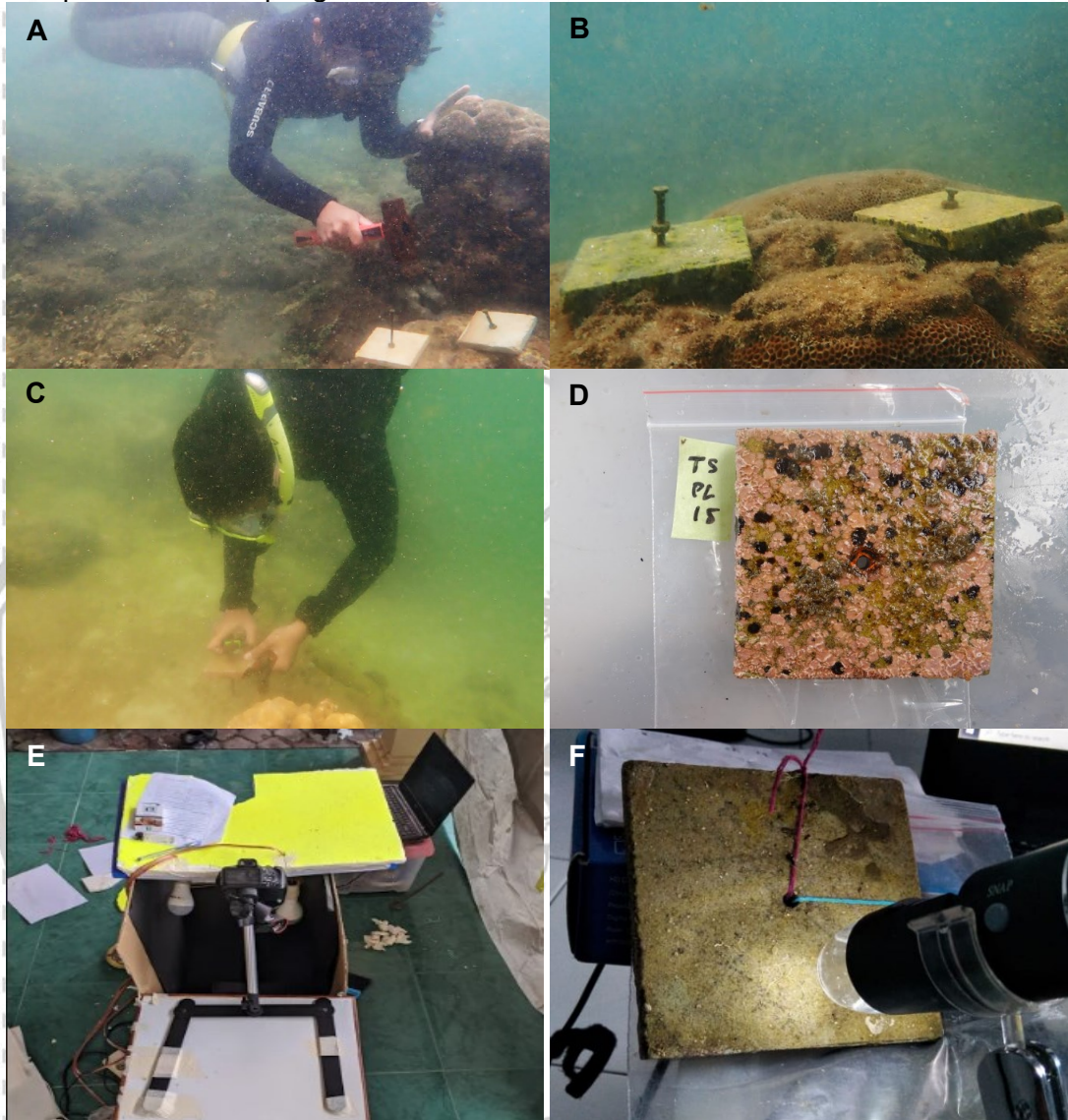
Yanuar, A., & Aunurohim. (2015). *Komunitas Ikan Karang pada Tiga Model Terumbu*. 4(1).

Yayasan Bhakti Alam Sendang Biru. (2017). *Clungup Mangrove Conservation (CMC) Tiga Warna*.



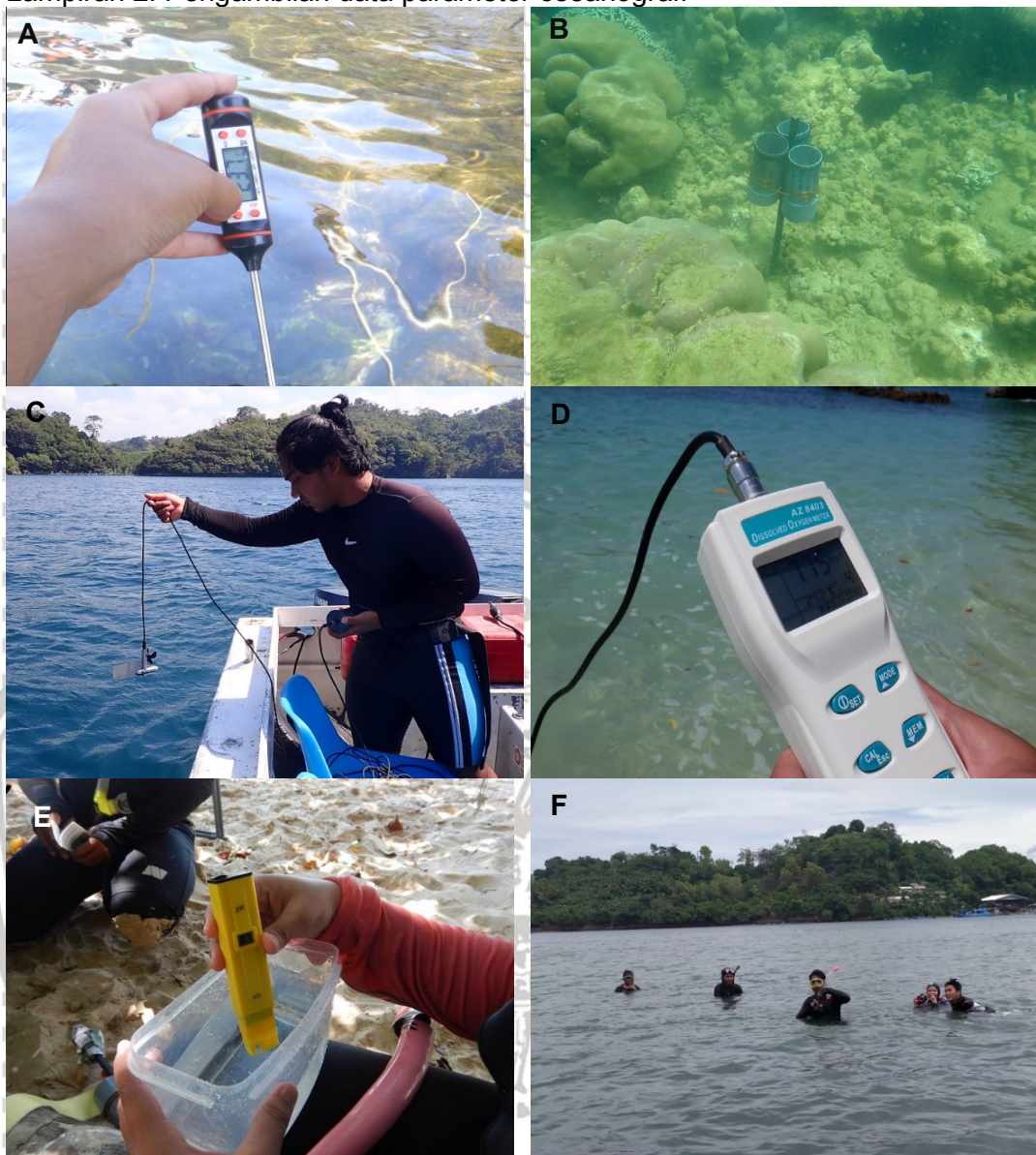
LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses pengambilan data CCA



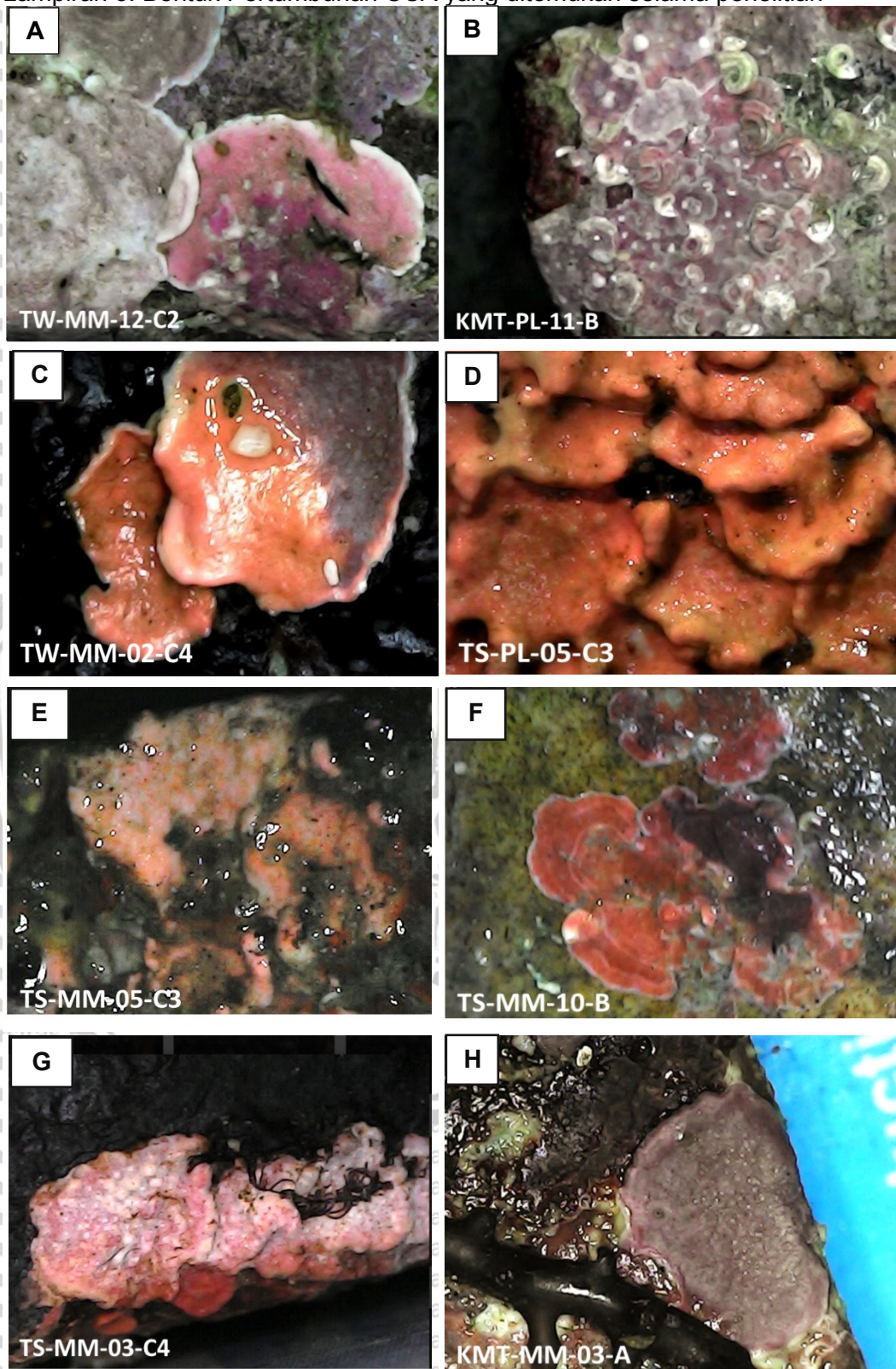
Gambar 30. (A) Pemasangan substrat kolektor; (B) Susbtrat kolektor marmo dan palimanan yang sudah terpasang; (C) Pelepasan substrat kolektor; (D) Substrat kolektor yang telah diambil, dimasukkan kedalam plastik label; (E) Dokumentasi substrat kolektor untuk diolah ke aplikasi ImageJ; (F) Pengamatan dan dokumentasi CCA dengan mikroskop USB.

Lampiran 2. Pengambilan data parameter oseanografi



Gambar 31. (A) Pengukuran suhu dengan termometer; (B) Pengambilan data sedimen menggunakan *sediment trap*; (C) Pengukuran kecepatan arus; (D) Pengukuran *dissolved oxygen* dengan DO-meter; (E) Pengukuran pH menggunakan pH-meter; (F) Proses pencarian *sediment trap*.

Lampiran 3. Bentuk Pertumbuhan CCA yang ditemukan selama penelitian



Gambar 32. Bentuk pertumbuhan yang ditemukan selama penelitian. (A-D) Bentuk pertumbuhan *encrusting* to *layered*; (E-H) Bentuk pertumbuhan *encrusting*.

Lampiran 4. Perbandingan Persentase Tutupan CCA

Berikut adalah hasil perhitungan statistik persentase tutupan CCA pada substrat kolektor yang berbeda

a. Short-time immersion tiles

Persentase tutupan

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Substrat_Kolektor	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Persentase_tutupan_CC A	Marmo	.112	90	.007	.934	90	.000
	Palimanan	.084	90	.158	.969	90	.028
a. Lilliefors Significance Correction							

Ranks				
	Substrat_Kolektor	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Persentase_tutupan_CC A	Marmo	90	77.60	6984.00
	Palimanan	90	103.40	9306.00
	Total	180		

Test Statistics ^a	
	Persentase_tutupan_CCA
Mann-Whitney U	2889.000
Wilcoxon W	6984.000
Z	-3.322
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001
a. Grouping Variable: Substrat_Kolektor	

b. Long-time immersion tiles

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Substrat_Kolektor	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Persentase_Tutupan_CC A	Marmo	.177	75	.000	.902	75	.000
	Palimanan	.147	75	.000	.923	75	.000
a. Lilliefors Significance Correction							

Ranks				
	Substrat_Kolektor	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Persentase_Tutupan_CC A	Marmo	75	68.13	5110.00
	Palimanan	75	82.87	6215.00
	Total	150		

Test Statistics ^a	
	Persentase_Tutupan_CCA
Mann-Whitney U	2260.000
Wilcoxon W	5110.000
Z	-2.097
Asymp. Sig. (2-tailed)	.036
a. Grouping Variable: Substrat_Kolektor	

Berikut adalah hasil perhitungan statistik persentaseutupan CCA pada lokasi yang berbeda

a. *Short-time immersion tiles*

Tests of Normality							
Lokasi_Penelitian	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Sig.
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Persentase_CCA							
Waru-waruu	.230	15	.032	.883	15	.053	
Teluk Semut	.227	15	.036	.747	15	.001	
Tiga Warna	.224	15	.042	.870	15	.034	
Kondang Merak Barat	.147	15	.200 [*]	.955	15	.604	
Kondang Merak Timur	.133	15	.200 [*]	.958	15	.656	
JPTS	.180	15	.200 [*]	.905	15	.115	

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Ranks				Test Statistics ^{a,b}	
Lokasi_Penelitian	N	Mean Rank		Persentase_CCA	
Persentase_CCA					
Waru-waruu	15	70.80		Kruskal-Wallis H	45.002
Teluk Semut	15	13.93		df	5
Tiga Warna	15	62.07		Asymp. Sig.	.000
Kondang Merak Barat	15	47.13		a. Kruskal Wallis Test	
Kondang Merak Timur	15	33.93		b. Grouping Variable:	
JPTS	15	45.13		Lokasi_Penelitian	
Total	90				

b. Long-time immersion tiles

Tests of Normality							
	Lokasi_Penelitian	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Perentase_Tutupan_CCA	Waru-war	.108	15	.200*	.984	15	.991
	Teluk Semut	.150	15	.200*	.933	15	.303
	Tiga Warna	.187	15	.167	.949	15	.513
	Kondang Merak Barat	.407	15	.000	.677	15	.000
	Kondang Merak Timur	.340	15	.000	.765	15	.001
*. This is a lower bound of the true significance.							
a. Lilliefors Significance Correction							

Ranks			
	Lokasi_Penelitian	N	Mean Rank
Perentase_Tutupan_CCA	Waru-war	15	53.20
	Teluk Semut	15	50.07
	Tiga Warna	15	46.87
	Kondang Merak Barat	15	15.27
	Kondang Merak Timur	15	24.60
	Total	75	

Test Statistics ^{a,b}	
	Perentase_Tutupan_CCA
Kruskal-Wallis H	36.875
df	4
Asymp. Sig.	.000
a. Kruskal Wallis Test	
b. Grouping Variable: Lokasi_Penelitian	



Lampiran 5. Perbandingan Jumlah Koloni CCA

Berikut adalah hasil perhitungan statistik koloni CCA pada substrat kolektor yang berbeda

a. *Short-time immersion tiles*

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Substrat_Kolektor		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Jumlah_Koloni	Marmo	.121	90	.002	.910	90	.000
	Palimanan	.115	90	.005	.960	90	.007
a. Lilliefors Significance Correction							

Ranks				
Substrat_Kolektor		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Jumlah_Koloni	Marmo	90	78.02	7021.50
	Palimanan	90	102.98	9268.50
Total		180		

Test Statistics ^a	
Jumlah_Koloni	
Mann-Whitney U	2926.500
Wilcoxon W	7021.500
Z	-3.214
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001
a. Grouping Variable: Substrat_Kolektor	

b. *Long-time immersion tiles*

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Substrat_Kolektor		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Jumlah_Koloni	Marmo	.179	75	.000	.817	75	.000
	Palimanan	.145	75	.000	.894	75	.000
a. Lilliefors Significance Correction							

Ranks				
Substrat_Kolektor		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Jumlah_Koloni	Marmo	75	75.41	5655.50
	Palimanan	75	75.59	5669.50
Total		150		

Test Statistics ^a	
Jumlah_Koloni	
Mann-Whitney U	2805.500
Wilcoxon W	5655.500
Z	-.027
Asymp. Sig. (2-tailed)	.979
a. Grouping Variable: Substrat_Kolektor	

Berikut adalah hasil perhitungan statistik koloni CCA pada lokasi yang berbeda

a. *Short-time immersion tiles*

Tests of Normality							
Lokasi_Penelitian		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Jumlah_Koloni	Waru-waru	.159	15	.200 [*]	.944	15	.431
	Teluk Semut	.197	15	.121	.912	15	.147
	Tiga Warna	.220	15	.049	.878	15	.044
	Kondang Merak Barat	.211	15	.070	.864	15	.027
	Kondang Merak Timur	.175	15	.200 [*]	.925	15	.229
	JPTS	.093	15	.200 [*]	.979	15	.961

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Ranks				Test Statistics ^{a,b}	
Lokasi_Penelitian		N	Mean Rank	Jumlah_Koloni	
Jumlah_Koloni	Waru-waru	15	45.20	Kruskal-Wallis H	46.857
	Teluk Semut	15	19.83	df	5
	Tiga Warna	15	76.90	Asymp. Sig.	.000
	Kondang Merak Barat	15	36.63	a. Kruskal Wallis Test	
	Kondang Merak Timur	15	33.03	b. Grouping Variable: Lokasi_Penelitian	
	JPTS	15	61.40		
Total		90			

b. Long-time immersion tiles

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Lokasi_Penelitian		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Koloni	Waru-war	.226	15	.038	.873	15	.037
	Teluk Semut	.174	15	.200*	.955	15	.612
	Tiga Warna	.249	15	.013	.801	15	.004
	Kondang Merak Barat	.407	15	.000	.686	15	.000
	Kondang Merak Timur	.273	15	.004	.685	15	.000

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Ranks			
Lokasi_Penelitian		N	Mean Rank
Koloni	Waru-war	15	50.90
	Teluk Semut	15	36.33
	Tiga Warna	15	47.30
	Kondang Merak Barat	15	28.73
	Kondang Merak Timur	15	26.73
Total		75	

Test Statistics ^{a,b}	
Koloni	
Kruskal-Wallis H	15.004
df	4
Asymp. Sig.	.005

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable:
Lokasi_Penelitian